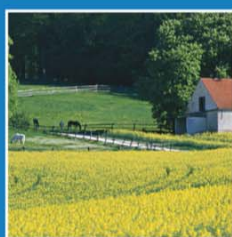
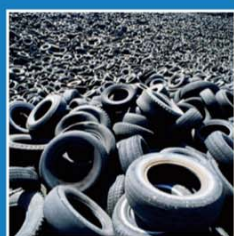


Katrin Bienge
Katharina Kennedy
Dr. Kora Kristof
Justus von Geibler

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Spezifische Politikansätze zur Ressourceneffizienzsteigerung von IuK-Produkten

Paper zu Arbeitspaket 4.3 des Projekts
„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRess)



Wuppertal, Dezember 2010

ISSN 1867-0237

Kontakt zu den Autor(inn)en:

Katrin Bienge

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
42103 Wuppertal, Döppersberg 19

Tel.: +49 (0) 202 2492 -191, Fax: -138

Mail: katrin.bienge@wupperinst.org

„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRess) – Projekt im Auftrag des BMU | UBA

Projektlaufzeit: 07/2007 – 12/2010

Projektleitung:

Dr. Kora Kristof / Prof. Dr. Peter Henricke

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
42103 Wuppertal, Döppersberg 19

Tel.: +49 (0) 202 2492 -183 / -136, Fax: -198 / -145

Mail: kora.kristof@wupperinst.org

peter.hennicke@wupperinst.org

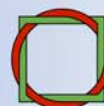
© Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Weitere Informationen zum Projekt

„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRess)
finden Sie unter www.ressourcen.wupperinst.org

Gefördert wird das Vorhaben im Rahmen des UFOPLAN
durch das BMU und das UBA, Förderkennzeichen: 3707 93 300

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung
liegt bei den Autor(inn)en.



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Wuppertal Institut in Kooperation mit

BASF
Borderstep
CSCP
Daimler
demea – VDI / VDE-IT
ECN
EFA NRW
FhG IAO
FhG UMSICHT
FU Berlin
GoYa!
GWS
Hochschule Pforzheim
IFEU
Institut für Verbraucherjournalismus
IÖW
IZT
MediaCompany
Ökopol
RWTH Aachen
SRH Hochschule Calw
Stiftung Warentest
ThyssenKrupp
Trifolium
TU Berlin
TU Darmstadt
TU Dresden
Universität Kassel
Universität Lüneburg
ZEW



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

**Umwelt
Bundes
Amt**
Für Mensch und Umwelt

„Spezifische Politikansätze zur Ressourceneffizienzsteigerung von IuK-Produkten“

Inhalt

1	Einleitung	7
1.1	Das AP4 „Unternehmensnahe Instrumente“ im Überblick	7
1.2	Überblick über den Policy Mix unternehmensnaher Instrumente	8
1.3	Ergebnispapiere des AP4	9
1.3.1	Ziele und Fragestellungen des vorliegenden Papiers	11
1.3.2	Roter Faden des Papiers	11
2	Status Quo und Ausgangspunkt: IuK Produkte und Ressourceneffizienz	12
2.1	Aktuelle Relevanz der Ressourceneffizienz in der IuK	12
2.1.1	Ressourcenverbrauch und -potenziale	12
2.1.2	Technologische und Markt-/Konsumtreiber	15
2.2	Trends: Wesentliche zukünftige Entwicklungen der IuK	15
2.3	Perspektive der Wertschöpfungskette	16
2.4	Vorgehen der Analyse	18
2.4.1	Hot Spot Analyse der Wertschöpfungskette	19
2.4.2	Auswahl der Fallstudien	21
3	Entwicklung und Beschreibung von Politikansätzen für die Steigerung der Ressourceneffizienz von IuK-Produkten	23
3.1	Hot Spot Analyse: Beispiel PC	23
3.1.1	Ressourcenintensität innerhalb einer Lebenszyklusphase	25
3.1.2	Lebenszyklusweite Betrachtung	32
3.1.3	Hot Spots Desktop PC	34
3.2	Hot Spot Analyse: Beispiel Mobiltelefon	35
3.2.1	Ressourcenintensität innerhalb einer Lebenszyklusphase	36
3.2.2	Lebenszyklusweite Betrachtung	42
3.2.3	Hot Spots Mobiltelefon	45
3.3	Zwischenfazit	45
3.4	Analyse vorhandener unternehmensnaher Instrumente zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der IuK	46

3.4.1	Ressourceneffizienz ist derzeit ein Randthema in der IuK-Branche _____	46
3.4.2	Handlungsbereich: Efficiency Awareness & Performance _____	48
3.4.3	Handlungsbereich: Innovation & Markteinführung _____	52
3.5	Zentrale Hemmnisse für die Steigerung der Ressourceneffizienz von IuK-Produkten _____	54
3.5.1	Hemmnisse im Handlungsbereich Efficiency Awareness & Performance _____	54
3.5.2	Hemmnisse im Handlungsbereich Innovation & Markteinführung _____	56
3.6	Zusammenfassung der Ergebnisse (Hot Spots, Politikansätze und zentrale Hemmnisse) _____	58
4	Detailliertere Beschreibung der Maßnahmen für IuK-Produkte _____	59
4.1	Zielstellung des Policy Mix für IuK _____	59
4.2	Policy-Mix für IuK _____	59
4.3	Überblick zum IuK-Policy Mix _____	66
5	Literatur _____	68

Abbildungen

Abb. 1:	Überblick über den Policy-Mix unternehmensnaher Instrumente	8
Abb. 2:	Ergebnispapiere des AP4 - Überblick und Interaktion	10
Abb. 3:	Chancen und Risiken der Informations- und Kommunikationstechnologie in den drei Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales	13
Abb. 4:	Schema der Wertschöpfungskette	18
Abb. 5:	Ökologischer Rucksack eines Mobiltelefons	35
Abb. 6:	Exponat des BMU und UBA unter dem Stichwort „Globale Produktverantwortung“ auf der CeBit 2009 in der green IT World zum Ressourcenverbrauch von Notebook und Mobiltelefon	52

Tabellen

Tab. 1:	Abschätzung des Ressourcenverbrauchs für IKT	14
Tab. 2:	Überblick über die Ressourcenkategorien zur Identifizierung der „Hot Spots“	21
Tab. 3:	Relevanz innerhalb der Rohstoffgewinnung: Desktop PC	25
Tab. 4:	Relevanz innerhalb der Verarbeitung: Desktop PC	27
Tab. 5:	Relevanz innerhalb der Nutzung: Desktop PC	29
Tab. 6:	Relevanz innerhalb der Entsorgung: Desktop PC	31
Tab. 7:	Gewichtung der Lebenszyklusphasen	33
Tab. 8:	Hot Spot Identifikation Desktop PC	34
Tab. 9:	Jahresproduktion und CO ₂ -Ausstoß für einige in Mobiltelefonen vorkommende Metalle	37
Tab. 10:	Relevanz innerhalb der Rohstoffgewinnung: Mobiltelefon	37
Tab. 11:	Relevanz innerhalb der Verarbeitung: Mobiltelefon	39
Tab. 12:	Relevanz innerhalb der Nutzung: Mobiltelefon	40
Tab. 13:	Relevanz innerhalb der Entsorgung: Mobiltelefon	42
Tab. 14:	Gewichtung der Lebenszyklusphasen eines Mobiltelefons	44
Tab. 15:	Hot Spot Identifikation Mobiltelefon	45
Tab. 16:	Überblick zu vorhandenen IuK-spezifischen unternehmensnahen Instrumenten und ihrer direkt adressierten Lebenszyklusphasen*	47

Tab. 17: Überblick über die Arbeitsgruppen und Themenschwerpunkte der Green IT Allianz (Stand: Juli 2009)	51
Tab. 18: Überblick über die IuK-spezifischen Maßnahmen und ihre kurz-, mittel- und langfristige Umsetzungsperspektive (in Klammern)	66

Kurzfassung

Ausgangssituation

Der IuK wird ein hohes Potenzial an Ressourceneffizienzsteigerungen durch ihren Einsatz zugesprochen. Sie ist allerdings selbst mit einem hohen Ressourcenverbrauch verbunden. Insgesamt steigt die jährliche Ressourcenaufwendung in diesem Bereich durch sehr schnelle Produkt- und Innovationszyklen und die kurze Nutzungsdauer von Produkten (im Gegensatz zur Lebensdauer) sowie den Einsatz sehr vieler unterschiedlicher und z.T. sehr komplexer Materialzusammensetzungen stetig an.

Strategien

Inwieweit IuK ressourceneffizienter produziert und genutzt werden kann, stand im Fokus der Analyse. Dazu wurde der Ressourcenverbrauch von Massenprodukten des IuK-Endgerätemarktes anhand von zwei Fallstudien (PC, Mobiltelefon) untersucht. Die Fallstudien zeigen unterschiedliche Lösungsansätze, um die Ressourceneffizienz im IuK-Markt zu steigern. Hier sollte der zu entwickelnde Policy Mix des AP4 im Bereich IuK vor allem folgendes fördern:

- Akzeptanzförderung für ressourceneffiziente IuK und verändertes Bewusstsein in Produktion, Vertrieb und Konsum
- Minimierung der Verwendung und wenn möglich Substitution seltener und umweltrelevanter Metalle und umweltrelevanter Stoffe insgesamt

Policy Mix IuK

Da IuK Produkte in internationalen Wertschöpfungsketten hergestellt und gehandelt werden und ebenso komplexe Materialzusammensetzungen besitzen, sind die Ressourcenverbräuche für Hersteller und Nutzer von IuK Produkten kaum nachzuvollziehen. Hier muss die notwendige **Datenbasis geschaffen werden**, um den Ressourcenverbrauch zu ermitteln und die Ressourceneffizienzpotenziale zu bewerten und konkrete Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz zu erarbeiten. Dazu dient die **Entwicklung konsistenter Indikatoren- und Bewertungssysteme**.

Die **Awareness** im IuK-Sektor von Unternehmensseite und Nutzerseite für die Ressourcenfrage fehlt bislang weitläufig. Vorhandene Ansätze sollten weiter Signale für beide Akteursgruppen setzen und Informationsdefizite abbauen. Ein **Umdenken in den Köpfen** von Anbietern und Nutzern ist dringend erforderlich und sollte durch die Politik initialisiert werden, um die Akzeptanz für ressourceneffiziente Geräte und Dienstleistungen zu schaffen und zu erhöhen. Hierzu dient die Integration eines Bausteins ressourcenleichte IuK in die **Aus- und Weiterbildung** sowie in Tools für Berater/-innen.

Wesentlich ist die Ausrichtung der **Förderprogramme** auf eine lebenszyklusweite Perspektive und die Förderung nicht nur von Material- und Produkt- sondern auch von Systeminnovationen (z.B. Markteinführung von Produkt-Service-Systemen) zur Vermeidung von Rebound-Effekten. Gleichzeitig sollten Maßnahmen getroffen werden, die die Wirtschaftlichkeit ressourceneffizienter Geräte fördern und somit die Markteinführung

unterstützen. Hierzu dient die Einrichtung des **Forschungsförderprogramm „Nachhaltige Informations- und Kommunikationstechnologie“**.

Die Steigerung der Ressourceneffizienz spezifischer Wirtschaftsprozesse betrifft sowohl das Management wie Produzenten, Angebots- wie Nachfrageseite, Forschung & Entwicklung und politische Gestaltung. Dialoge und Vernetzungsaktivitäten können solche Prozesse in Gang bringen, die im Rahmen der **Agentur Ressourceneffizienz** initiiert und koordiniert werden können.

Die Schaffung eines **Innovationslabors „Ressourcenleichte IuK“** bildet den zentralen Hub für innovative Entwicklungen und Konzepte.

Die Entwicklung und Umsetzung der Instrumente ist für die bundespolitische Ebene mit relativ wenig zusätzlichen finanziellen Mitteln verbunden. Die Umsetzung kann schnell beginnen, da auf teilweise laufende Prozesse aufgesetzt bzw. aus anderen Branchen Erfahrungen genutzt werden können.

1 Einleitung

Die Steigerung der Ressourceneffizienz wird in der nationalen und internationalen Politik zunehmend zum Top-Thema. Vor diesem Hintergrund beauftragten das Bundesumweltministerium und das Umweltbundesamt 31 Projektpartner unter Leitung des Wuppertal Instituts mit dem Forschungsprojekt „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRess, vgl. <http://ressourcen.wupperinst.org>). Ziel des Projektes ist, substantielle Wissensfortschritte für die Steigerung der Ressourceneffizienz und für die Ressourcenschonung zu erreichen. Hierzu werden u.a. unterschiedliche Politikwirkungsfelder analysiert und hinsichtlich der Ressourceneffizienz weiterentwickelt.

Der Policy Mix des AP4, der unternehmensnahe Zusammenhänge fokussiert, wird in einen übergeordneten Instrumentenkontext des MaRess-Projektes eingebettet. So ergänzen sich die in AP4 erarbeiteten Vorschläge für Maßnahmen und Instrumente mit den makroökonomischen Politikmaßnahmen (AP3) sowie den Vorschlägen zur Konsumpolitik (AP12).

Die Grundlage für die Instrumentenportfolios von AP3, AP4 und AP12 bilden dabei die im Arbeitsschritt AS7.2 beschriebenen Kernstrategien. Dies betrifft die

- Kernstrategie „Nachhaltige Zukunftsmärkte – Innovationen eine Richtung geben“ in den Bereichen Förderprogramme, Unternehmensreporting, finanzwirtschaftliche Instrumente, Forschung & Entwicklung, Innovation und Markteinführung von Produkt-Service-Systemen,
- Kernstrategie „Starke Institutionen – Schlüssel für eine erfolgreiche Diffusion“ in den Bereichen Beratung, Förderinstitutionen, Netzwerkbildung,
- Kernstrategie „Ressourceneffiziente Produkte und Dienstleistungen“ in den Bereichen Invention sowie Markteinführungs- und Diffusionsprozesse und die
- Kernstrategie „Veränderung in den Köpfen“ in den Bereichen Kommunikations- und Bildungsstrategien auf Unternehmensebene sowie Aus- und Weiterbildung.

1.1 Das AP4 „Unternehmensnahe Instrumente“ im Überblick

Das Arbeitspaket 4 entwickelte unternehmensnahe Politikinstrumente zur Unterstützung der Kernstrategien in den benannten Bereichen in vier Arbeitsschritten:

- *Arbeitsschritt 4.1 (AS4.1) „Analyse der Ressourcenpolitikoptionen im Bereich der unternehmensnahen Instrumente“* diente der Grobanalyse der drei Instrumentenfelder Public Efficiency Awareness & Performance, Innovation & Markteinführung und finanzwirtschaftliche Instrumente (Görlach et al. 2009).
- *Arbeitsschritt 4.2 (AS4.2) „Maßnahmenvorschläge zur Ressourcenpolitik im Bereich unternehmensnahe Instrumente“* diente der vertiefenden Analyse der ausgewählten Instrumente. Auf der Basis dieser Analyseergebnisse wurden Vorschläge für unternehmensnahe Instrumente zur Steigerung der Ressourceneffizienz ent-

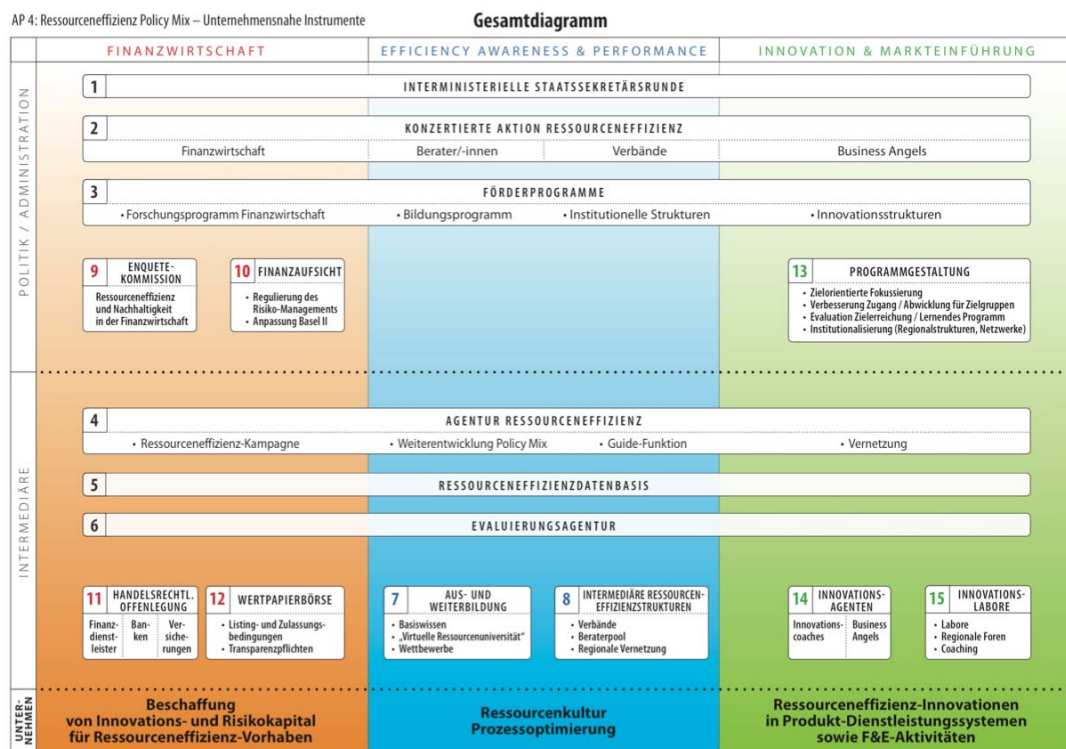
wickelt und ein konsistenter Policy Mix zusammengestellt. In Leitfaden gestützten Interviews wurden außerdem Unternehmensvertreter sowie verschiedene Intermediäre (insbesondere Verbände, Berater, Finanzdienstleister, staatliche Einrichtungen) zur Wirkung und Effektivität unterschiedlicher Instrumente befragt.

- *Arbeitsschritt 4.3 (AS4.3) „Spezifische Politikansätze zur Ressourceneffizienzsteigerung von IuK-Produkten“ und Arbeitsschritt 4.4 (AS4.4) „Spezifische Politikansätze zur verbesserten Nutzung des Wohnungsbestandes und zur Ressourceneffizienzsteigerung im Aktionsfeld Bauen und Wohnen“* dienen der Übertragung in spezifische Anwendungsfelder und der Analyse spezifischer Anpassungsbedarfe des Instrumentenmixes. Hierzu wurden ganz bewusst ein Bedürfnisfeld (Wohnen) und eine Wertschöpfungskette (Produkte aus dem IuK-Bereich) fokussiert.

1.2 Überblick über den Policy Mix unternehmensnaher Instrumente

Die folgende Abbildung stellt den Policy Mix für die unternehmensnahen Instrumente zur Erhöhung der Ressourceneffizienz dar. Alle Instrumente dienen dazu, Unternehmen dabei zu unterstützen, ressourceneffiziente Technologien, Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln und sowohl ihre Unternehmenskultur als auch das Management entsprechend auszurichten.

Abb. 1: Überblick über den Policy-Mix unternehmensnaher Instrumente



Quelle: eigene Darstellung

Die Ziele, die mit den Politikinstrumenten in den Unternehmen erreicht werden sollen, finden sich in der untersten Zeile der Abb. 1. In der zweiten Zeile von unten sind diejenigen Instrumente benannt, die indirekt über Intermediäre auf die Unternehmen wirken, um Steigerungen der Ressourceneffizienz zu forcieren. In der dritten Zeile von unten wiederum sind die Instrumente dargestellt, die direkt von der Politik initiiert und umgesetzt werden, um die Zielerreichung auf der Unternehmensebene zu unterstützen.

Der Policy Mix fokussiert drei Feinanalysebereiche: die Finanzwirtschaft (linke Spalte), die Efficiency Awareness and Performance in Unternehmen (mittlere Spalte) und den Innovationsprozess von der Invention bis zur Markteinführung (rechte Spalte). Der Policy Mix beinhaltet auch übergreifende unternehmensnahe Instrumente, die für alle drei Feinanalysebereiche gleichermaßen von hoher Bedeutung sind, wie

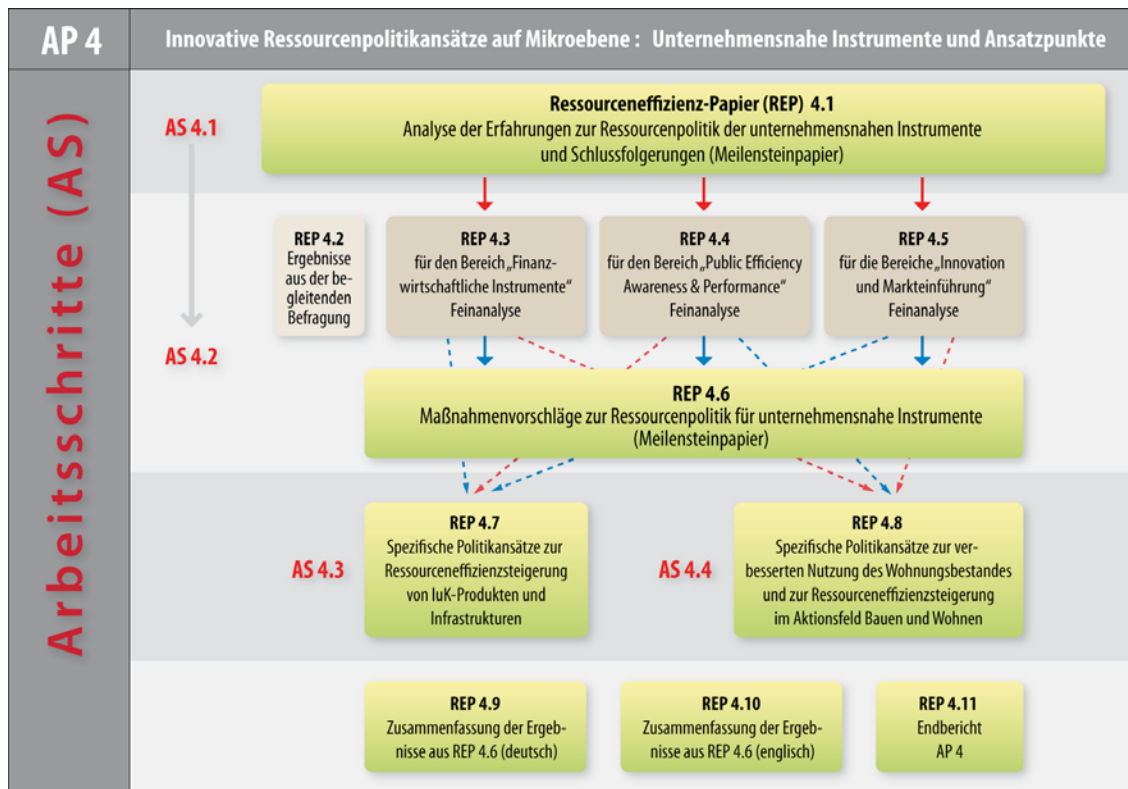
- eine Interministerielle Staatssekretärsrunde (1),
- die Konzertierte Aktion Ressourceneffizienz (2) von strategisch für Ressourceneffizienz wichtigen Akteuren aus Politik und Wirtschaft,
- Förderprogramme zur Steigerung der Ressourceneffizienz (3),
- eine Agentur Ressourceneffizienz (4),
- eine Ressourceneffizienzdatenbasis zur Bereitstellung notwendiger Daten und Indikatoren im Bereich Ressourceneffizienz (5) sowie
- eine Evaluierungsagentur (6) zur Bewertung der Effektivität und Optimierung der eingeführten Maßnahmen des gesamten Policy Mixes.

Jedes Feinanalysefeld enthält aber auch spezifische, auf den Wirkungsbereich zugeschnittene Instrumente: (9) bis (12) für den Bereich Finanzwirtschaft, (7) und (8) für den Bereich Public Efficiency Awareness and Performance sowie (13) bis (15) für den Bereich Innovation und Markteinführung. Alle Instrumente sind so gewählt, dass sie sich gegenseitig in der Interaktion und Wirkeffektivität unterstützen.

1.3 Ergebnispapiere des AP4

Insgesamt entstanden im AP4 elf Papiere, die alle downloadbar sind unter <http://ressourcen.wupperinst.org/downloads/index.html> (vgl. Abb. 2). Im Arbeitsschritt 1 „Analyse der Ressourcenpolitikoptionen im Bereich der unternehmensnahen Instrumente“ (Görlach et al. 2009) wurden die zu analysierenden Instrumentenbereiche, insbesondere fokussiert auf das Kriterium „hohes Wirkpotenzial für Ressourceneffizienz“, ausgewählt. Das Ressourceneffizienzpapier (REP) 4.1 bildet die Ergebnisse sowie den methodischen Hintergrund und die Vorgehensweise ab.

Abb. 2: Ergebnispapiere des AP4 - Überblick und Interaktion



Quelle: Eigene Darstellung

Das REP4.6 (Liedtke et al. 2010) fasst die zentralen Erkenntnisse aus den unterschiedlichen Untersuchungen der drei Handlungsbereiche, für die im zweiten Arbeitsschritt Feinanalysen (Onischka et al. 2010, Görlach / Schmidt 2010, Lemken et al. 2010 – REP4.3, REP4.4, REP4.5) erstellt wurden, und die Ergebnisse des Interviewpapiers (Görlach / Zvezdov 2010 – REP4.2) als Meilensteinpapier zusammen. REP4.6 enthält die Darstellung des integrierten Policy Mixes unternehmensnaher Instrumente im Überblick. REP4.9 stellt den entwickelten Policy Mix als Kurzfassung dar (Liedtke et al. 2010). Der Policy Mix bzw. ausgewählte Elemente daraus wurden im Rahmen der zwei Fallstudien „Bauen und Wohnen“ (REP4.7) (Knappe / Lasche / Büttgen 2010) sowie „Wertschöpfungsketten von Produkten der Informations- und Kommunikationstechnologien“ (REP4.8) (Biengen et al. 2010) konkretisiert.

Die drei Feinanalysepapiere haben jeweils einen einheitlichen inhaltlichen Aufbau: Nach einer kurzen Einführung in den Feinanalysebereich inklusive Fokussierung der adressierten Hemmnisse wird der entwickelte Policy Mix mit den daraus abgeleiteten Maßnahmenvorschlägen kurz vorgestellt. Zum tieferen Verständnis folgt die detailliertere Beschreibung der einzelnen Analyseergebnisse und Maßnahmenfelder, wenn möglich auch unterstützt durch die Interviewergebnisse. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um die dargestellten Instrumente bezüglich ihrer Gesamtwirkung besser reflek-

tieren zu können. Die Struktur der Papiere zu den Fallstudien (AS4.3 und AS4.4) wie auch das zusammenfassende Meilenstein-Papier zu AS4.2 folgt, soweit sinnvoll, der benannten Vorgehensweise. Das Papier zu den Interviewergebnissen beschreibt zum Einen die gewählte Methodik und die Vorgehensweise. Zum Anderen werden die Interviewergebnisse kondensiert dargestellt.

Das vorliegende Papier dient zur Beschreibung der Fallstudie „Wertschöpfungsketten von Produkten der Informations- und Kommunikationstechnologien“.

1.3.1 Ziele und Fragestellungen des vorliegenden Papiers

AP4 untersucht unternehmensnahe Instrumente und Methoden, die für Unternehmen und in Wertschöpfungsketten eine Anreizwirkung erzielen, ressourceneffizienter zu wirtschaften. Das Papier zielt auf die Differenzierung unternehmensnaher Instrumente im Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK)-Sektor bezüglich des betroffenen Produktfeldes, der betroffenen Branche, um in Wirtktiefe und -breite optimiert zu werden. Folgende Fragestellungen liegen dem Papier zugrunde:

- In welchen Bereichen können Einsparpotenziale im Bereich IuK effizient gehoben werden („Hot Spots“)? Wie stark sollte hierbei eine Fokussierung auf die Nutzungsphase erfolgen?
- Welche unternehmensnahen Politikinstrumente existieren für die relevanten IuK Bereiche und wie lassen sie sich im AP4 Policy Mix verorten?
- Welche spezifischen Politikansätze sind auf der Basis des in AS4.2 entwickelten Policy Mix gut nutzbar, um eine nachhaltige Ressourceneffizienzsteigerung in IuK-Produkten und Infrastruktur fördern zu können?

1.3.2 Roter Faden des Papiers

Das Papier stellt zunächst den Status Quo zur Ressourceneffizienz der Wertschöpfungsketten von Produkten der Informations- und Kommunikationstechnologien sowie die Vorgehensweise zu deren Analyse und Ableitung eines Policy Mix vor (Kap. 2). Kap. 3 beschreibt die Ergebnisse der Hot Spot Analyse, vorhandene unternehmensnahe Politikansätze, die sich spezifisch auf die Wertschöpfungskette IuK beziehen. Kap. 4 stellt abschließend die aus dem in AS4.2 entwickelten Policy Mix abgeleiteten unternehmensnahen Politikansätze für die Fallstudie IuK genauer vor.

2 Status Quo und Ausgangspunkt: IuK Produkte und Ressourceneffizienz

Informations- und Kommunikationstechnologien werden im gesamten MaRes-Projekt als relevante Querschnittstechnologie mit einem hohen Potenzial zur Steigerung der Ressourceneffizienz sowohl innerhalb der IuK als auch mittels der IuK unter verschiedenen Schwerpunkten diskutiert. AP1 identifiziert spezifische Potenziale der IuK bei Displaytechnologien, im Produktdesign für Mobiltelefone, bei Computern und im Recycling von Endgeräten. Die politischen Rahmenbedingungen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz v.a. im Hinblick auf seltene Metalle und Recycling werden in AP3 diskutiert. AP9 entwickelt eine Roadmap für „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“. AP12 sieht das Internet als bedeutendes Kommunikationsmittel für die Information und Verbreitung zum Thema Ressourceneffizienz.

Im Folgenden wird die derzeitige Relevanz der IuK (Kap. 2.1) und wesentliche zukünftige Entwicklungen der IuK (Kap. 2.2) aufgezeigt. Dieses Papier nimmt eine lebenszyklusweite Perspektive ein, die in Kap. 2.3 begründet wird. Die daraus abgeleitete Vorgehensweise für die Entwicklung spezifischer Politikansätze zur Steigerung der Ressourceneffizienz basierend auf dem AP4-Policy Mix wird in Kap. 2.4 vorgestellt.

2.1 Aktuelle Relevanz der Ressourceneffizienz in der IuK

IuK durchdringen heute sämtliche Wirtschafts- und Gesellschaftsbereiche. So hängen beispielsweise mehr als die Hälfte der Industrieproduktion und mehr als 80 % der Exporte Deutschlands vom Einsatz moderner IuK ab (BMU / UBA 2008). Im Folgenden werden die aktuellen Entwicklungen und Treiber zum Ressourcenverbrauch und -potenzialen im Überblick dargestellt.

2.1.1 Ressourcenverbrauch und -potenziale

Der IuK wird ein enormes Potenzial zur Einsparung natürlicher Ressourcen zugesprochen. Beispiele sind die intelligente Steuerung von Motoren, Maschinen und Anlagen, Optimierungen in Transport und Logistik, Substitution des Personenverkehrs durch Videokonferenzen und Telearbeit, IuK-gestütztes Gebäudeenergiemanagement und IuK-basierte Steuerung der Stromnetze, computergesteuertes Produktdesign und viele mehr (BMU / UBA 2008). Behrendt / Erdmann (2004) haben die Chancen und Risiken, die mit der Nutzung von IKT in Bezug auf ihre ökologischen, ökonomischen und sozialen Wirkungen, zusammengefasst (siehe Abb. 3).

Informationstechnik, Software und Internetökonomie haben dagegen bislang nicht zu der erhofften Dematerialisierung der Wirtschaft und damit zur Reduktion des Abfallberges geführt, sondern im Gegenteil zu einem fortschreitend erhöhten Aufkommen von Elektro-/Elektronikschrott (Hellige 2009).

Abb. 3: Chancen und Risiken der Informations- und Kommunikationstechnologie in den drei Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales

Dimensionen	Chancen	Risiken
Ökologie	<ul style="list-style-type: none"> • Optimierung von Wertschöpfungsketten • Höhere Transparenz ökologischer Produkteigenschaften • Dematerialisierung • Erhöhung der Energie- und Ressourcenproduktivität • Ökologisierung der Märkte und Unterstützung einer integrierten Produktpolitik 	<ul style="list-style-type: none"> • Verkürzung von Produkt- und Nutzungszyklen • Zunahme des Güterverkehrsaufkommens • Zunahme des Energieverbrauchs (Stand-by etc.) • Additionseffekte • Reboundeffekte
Ökonomie	<ul style="list-style-type: none"> • Erschließen neuer Potenziale • Individualisierung von Produkten • Erschließung von Zukunftsmärkten mit nachhaltigen Produkten • Peer-to-peer Märkte 	<ul style="list-style-type: none"> • Beschleunigung globaler und schnell wechselnder Produktionsstrukturen • Technische Dynamik bremst Ausreifung von Anwendungen
Soziales	<ul style="list-style-type: none"> • Erleichterte Balance zwischen Arbeit, Familie und Freizeit • Erleichterte Möglichkeiten partizipativer Politikformen • Neue Formen der Nichterwerbstätigkeit • Selbstständigkeit im Netz • Informationszugang für alle 	<ul style="list-style-type: none"> • Verletzung von Persönlichkeits- und Datenschutzrechten • Nicht verfolgbare grenzüberschreitende Rechtsverstöße • Informationsflut • Sucht • Digital Divide

Quelle: Behrendt / Erdmann 2004

Der Materialeinsatz in der IKT ist trotz zahlreicher Einzelstudien kaum mit aggregierten Daten hinterlegt (BMU / UBA 2008). Eine erste Abschätzung ermöglicht Acosta-Fernandez (2007), der den induzierten direkten und indirekten TMR¹ durch die inländische Produktion für die privaten Haushalte Deutschlands bezogen auf das Jahr 2000 berechnet hat. Ein Auszug für IKT wird in Tab. 1 gegeben.

In den letzten 10-15 Jahren wurde zunehmend erkennbar, dass der Anteil der Informationstechnik an den Stoffströmen durch skalenökonomische Mengensteigerungen und kürzere Produktlebensdauern sowie durch neue Nutzungsgewohnheiten stetig wächst (Hellige 2009). Betrachtet man sich die Trends (siehe Kap. 2.2) sind zukünftig weitere Steigerungen zu erwarten.

¹ TMR = Total Material Requirement bezeichnet den gesamten Materialaufwand eines Produkts bestehend aus dem direkten Materialinput und den indirekten, durch Produktion, Transporte etc. anfallenden Ressourcenverbräuchen.

Tab. 1: Abschätzung des Ressourcenverbrauchs für IKT

IKT-Kategorien	Direkter und indirekter Ressourcenverbrauch in Deutschland (Jahr 2000, in 1000 t)
Büromaschinen und Computer	30.442
Radio, Fernseher und Kommunikationsgeräte	157.408
Post und Telekommunikationsservices	181.925
Computer und zugehörige Dienstleistungen	9.385
Abschätzung IKT	379.160
Summe TMR Deutschland (Gesamt)	48.439.577

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Acosta-Fernandez 2007

Der Energieverbrauch der IuK trägt beträchtlich zum gesamten Stromverbrauchs in Deutschland bei. So trugen beispielsweise 2007 die Herstellung, Nutzung und Entsorgung von IuK-Geräten bereits 2 % zu den globalen CO₂-Emissionen bei und lagen damit auf gleichem Niveau wie der globale Flugverkehr (Gartner 2007). Laut einer Studie des Fraunhofer IZM verbrauchte der gesamte IuK-Sektor in Deutschland im Jahr 2007 ca. 55,4 TWh. Das entspricht 10,5 % des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland 2007. Der größte Anteil entfällt dabei auf die privaten Haushalte (33 TWh). Hier sind Fernsehgeräte die größten Verbraucher mit 32,9 % des IuK-Stromverbrauchs der Haushalte. Danach folgen PCs (inkl. Monitore) mit 28,7 % des Verbrauchs, während lediglich 1 % auf Mobiltelefone entfällt. Insgesamt werden 30 % des Stromverbrauchs durch Geräte und Netz im Standby-Modus verursacht (BMWi 2009). Server und Rechenzentren verbrauchten 2007 9,1 TWh, Unternehmen 6,8 TWh. Bei den Unternehmen machten Computer und Monitore 70 % des IuK-Stromverbrauchs aus. Die restlichen 6,4 TWh entfielen auf die Kommunikationsnetze inklusive Netzzugang. Hier steuerte das Mobilfunknetz mit 3,1 TWh etwa die Hälfte bei (BMWi 2009).

Die Bereitstellung des Internets, bzw. die damit verbundene Nutzung von Servern und Netzinfrastruktur haben einen erheblichen Energieverbrauch. Im Jahr 2008 verbrauchten allein der Betrieb und die Kühlung aller Server in Deutschland rund 10 TWh. (UBA 2009).

Ohne innovative Technologieentwicklung sind Fortschritte auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung nicht denkbar. Die Informations- und Kommunikationstechnologie wird in diesem Zusammenhang als Schlüsseltechnologie gesehen. Insgesamt werden der Informations- und Kommunikationstechnik große Ressourceneffizienzpotenziale zugeschrieben, etwa durch Server-Virtualisierung, Thin Client & Server Centric

Computing, mobile datensichere Thin-Client-Lösungen, ressourceneffiziente breitbandige optische Netztechnologien/-systeme, Next-Generation-TV-Geräte und Settop-Boxen (Rohn et al. 2010).

Welche Potenziale durch Green IT bestehen, wird im u.a. Rahmen des AP1 für verschiedene Technologiebereiche ermittelt. Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass in den untersuchten Technologiebereichen Displayarten, Thin Clients, verbessertes Recycling durch RFID Tags und Ressourceneffizienz in Design und Konstruktion von IT-Geräten große Potenziale liegen, deren Hebung allerdings ein sorgfältiges Ressourcenmanagement bedarf (siehe Rohn et al. 2010).

2.1.2 Technologische und Markt-/Konsumtreiber

Ein höchst bedeutsamer Treiber hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs durch die IuK liegt in der immer stärkeren Verkürzung der Produktlebenszyklen, die einerseits durch technische Entwicklungen (z.B. „Hardware-Software-Wachstumsspirale“ bei PCs, siehe Hellige 2009) andererseits durch die Nachfrage der Konsumenten getrieben wird.

Hellige (2009) nennt als Kernproblem der IT-spezifischen Reboundeffekte, die *Obsoleszenz*, d.h. Strategien zu einer künstlichen Verkürzung der Produktzyklen. Diese betreffen die gesamte Wertschöpfungskette von IT-Produkten. Obsoleszenzstrategien umfassen dabei:

- qualitative Obsoleszenz: gezielte Produktverschlechterung zu vorgezogenem Ersatzbedarf (z.B. nicht erneuerbare Akkus in Notebooks und Handys, technische Schwachstellen wie die Verwendung verformbarer Plastiksarten, anfällige Display-Aufhängungen, unzureichende Pufferung der Festplatte bei Laptops, unzureichendes Qualitätsmanagement)
- funktionelle und systemische Obsoleszenz: z.B. durch gezielte Inkompatibilität und fehlende Interoperabilität bei Systemwechseln, fehlende bzw. urheberrechtlich geschützte Standards wie bei Ladegeräten und die Kopplung von Hardware und Betriebssystem/Software. Hier kommt es zu einer Verkürzung der Lebensdauer, da stetig weiterentwickelte Betriebssysteme und Anwendungen immer höhere Ansprüche an die Hardware stellen. Somit müssen ständig neue, leistungsfähigere Geräte angeschafft werden.
- psychologische Obsoleszenz: kleinschrittige Verbesserungen ("creeping featurism") oder vorgetäuschte Innovationen durch eine veränderte Optik.

2.2 Trends: Wesentliche zukünftige Entwicklungen der IuK

Die Informations- und Kommunikationstechnologie hat eine zunehmende Relevanz in allen privaten und beruflichen Lebensbereichen. Der „(...) Zugang zu und der Umgang mit IuK [wird] in Zukunft für die Lebensbewältigung in allen Bereichen von entscheidender Bedeutung sein (...) und die Chance für die gesellschaftliche Teilhabe bestimmen.“ (Münchner Kreis et al. 2009: 15).

Der Ressourcenverbrauch der IuK spielt vor dem Hintergrund der steigenden gesellschaftlichen Bedeutung eine sehr wichtige Rolle. Zwischen 2015 und 2024 werden mehr als 95% der erwachsenen Bevölkerung in Deutschland, Europa und USA das Internet und seine Dienste aktiv und regelmäßig nutzen (Münchner Kreis et al. 2009: 17).

Betrachtet man allein den Stromverbrauch der IuK in Deutschland bis 2020 wird dieser um 20 % auf 66,7 TWh ansteigen. Dies ist vor allem auf einen erhöhten Stromverbrauch von Rechenzentren sowie von Endgeräten in privaten Haushalten zurückzuführen. Der Stromverbrauch der Unternehmen und des Kommunikationsnetzes bleibt dagegen in etwa konstant (BMW 2009).

Am Beispiel des PC lassen sich zwei gegenläufige Entwicklungen verdeutlichen, die sich auf den absoluten Ressourcenverbrauch von IuK auswirken. Auf der einen Seite ist in der Herstellung von IuK-Geräten z.B. der Energieverbrauch für die Herstellung eines PCs seit den 90er Jahren deutlich gesunken: Laut Schischke (2004) mussten 2003 für die Herstellung eines PCs ohne Monitor, Tastatur und Maus 1.750 MJ Primärenergie aufgewendet werden, während es zu Beginn der 90er Jahre noch 7.650 MJ waren. Auf der anderen Seite sind im gleichen Zeitraum aber die weltweiten Verkaufszahlen von 20 Millionen auf 150 Millionen pro Jahr angestiegen. Darüber hinaus wird die Nutzung der Geräte intensiviert und Geräte mit immer mehr Leistung auf den Markt gebracht. Mit jeder neuen Rechnergeneration stieg die Leistungsaufnahme von PCs unter Volllast. 1999 lag sie bei ca. 60 W, 2003 bei 80 W und 2007 bei ca. 120 W (Schischke 2004, BMW 2009).

Die kürzere Produktlebensdauer und damit ein höherer Mengenumsatz von Geräten, gekoppelt mit einer intensiveren Nutzung der Geräte, macht so Effizienzgewinne in Produktion und Nutzung - durch Leistungssteigerung, reduzierten Verbrauch im Stand-by-Modus, Miniaturisierung der elektronischen Komponenten, Verwendung neuer Materialien und Technologien (BMW 2009) - hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs zunichte. Für die Zukunft ist damit zu rechnen, dass sich dieser Trend zu kürzerer Produktlebensdauer fortsetzt.

Auch neue Nutzungsgewohnheiten ("Anytime, Anywhere, Always Connected") und zunehmend breitbandigere multimediale Anforderungen werden den Ressourcenverbrauch stetig wachsen lassen (Hellige 2009). Ohne ein gezieltes Gegensteuern von Seiten der relevanten Akteure aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft wird der Ressourcen- und Energieverbrauch der IuK also auch weiterhin rasant zunehmen. Empfehlungen zur Einflussnahme auf diesen Trend werden in Kap. 4 ausgeführt.

2.3 Perspektive der Wertschöpfungskette

Zur richtungssicheren Identifizierung von Ressourceneffizienzpotenzialen ist eine lebenszyklusweite Betrachtung von IuK-Geräten und -Anwendungen notwendig. Für eine Entwicklung und wirksame Umsetzung eines spezifischen Policy Mixes zur Steigerung der Ressourceneffizienz ist die Perspektive der Wertschöpfungskette ausschlaggebend.

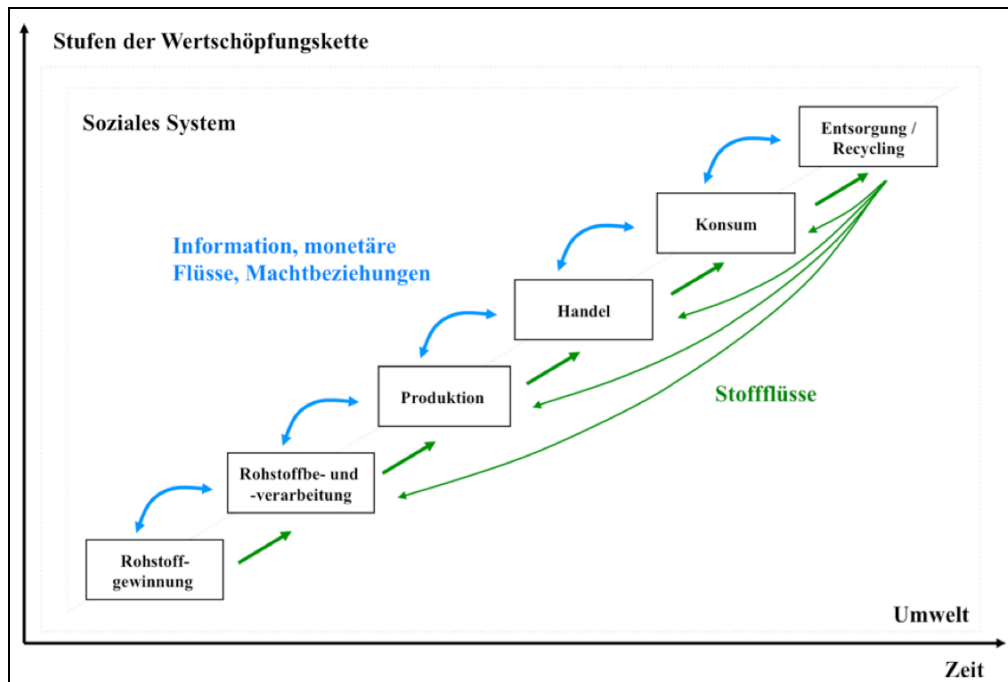
In einer Betrachtung der Wertschöpfungskette werden die vor- und nachgelagerten Prozesse vom Rohstoffabbau bis zur Entsorgung berücksichtigt, um eine integrierende Optimierung zur Steigerung der Ressourceneffizienz erreichen zu können. Diese ist gleichzeitig eine Herausforderung vor dem Hintergrund komplexer globalisierter Wertschöpfungsketten. Hier ist es oftmals schwierig alle Vorprodukte transparent zu verfolgen und zu beeinflussen. Die lebenszyklusweite Betrachtung zielt darauf Probleme zu verorten und Problemverlagerungen durch Veränderung der Wertschöpfungskette in Richtung einer gesteigerten Ressourceneffizienz zu vermeiden (Wallbaum / Kummer 2006, Kristof et al. 2007, von Geibler 2010).

Mit der Nutzung von Produkten und Dienstleistungen sind viele Aktivitäten verbunden, von der Rohstoffgewinnung, Produktentwicklung, den verschiedenen Stufen der Bearbeitung und Verarbeitung bis zu den Entsorgungsprozessen nach dem Gebrauch des Produktes. All diese Aktivitäten werden als Wertschöpfungskette bezeichnet (vgl. Abb. 4). Zwischen den Stufen der Wertschöpfung fließen neben Geld und Informationen auch Waren, die oft über Kontinente hinweg per Schiff, Lastwagen und Flugzeug von einem Unternehmen zum nächsten transportiert werden. Die beteiligten Akteure in diesem Prozess tauschen dabei gegenseitig Informationen aus, so dass internationale Wertschöpfungsketten zu „Transmissionsriemen“ werden, d.h. auch dass sie die Lernprozesse von Unternehmen beschleunigen können (Stamm 2004). Jede einzelne Stufe ist zudem in jeweils spezifisch und teilweise unterschiedlich in Gesellschaft und Umwelt eingebettet, z. B. durch bestimmte rechtliche oder kulturelle Rahmenbedingungen.

Der Begriff der Wertschöpfungskette berücksichtigt auch die Schaffung eines höheren Geldwertes für das zu verkaufende Produkt. Die Wertschöpfung stellt sich aus Sicht des Unternehmens als Differenz von Produktpreis und Aufwendungen für das Produkt dar (z. B. für Vorleistungen, Arbeit und Kapital). In der Wertschöpfungskette bestehen auch Machtbeziehungen zwischen den Akteuren der Kette (Altenburg 2007, Gereffi & Korzeniewicz 1994). So kann aus der Perspektive der Wertschöpfungskette beispielsweise betrachtet werden, wie die Wertschöpfung zwischen den einzelnen Akteuren verteilt ist oder welche Möglichkeiten die beteiligten Akteure haben, Einfluss auf die Gestaltung der Produkte und Prozesse zu nehmen. Die Koordination der Aktivitäten zwischen den involvierten Akteuren in einer Wertschöpfungskette ist ein zentrales Element und wird auch als *governancestrukturen* bei der Steuerung bezeichnet (Gereffi 2001).

Die Perspektive der Wertschöpfungskette setzt also Akteure von Produktion und Konsum und die dahinter stehenden Orte miteinander in Beziehung und kann Gestaltungsmöglichkeiten in Richtung einer nachhaltigeren Wertschöpfungskette aufzeigen. Wertschöpfungsketten sind dabei unterschiedlich einfach oder komplex strukturiert. Das hängt meist davon ab, was produziert wird (Produkt), wie es produziert wird (Prozess) und wann und wo wie viel von wem produziert wird (Logistik). Damit zusammen hängt auch ein zentrales Problem aller Wertschöpfungsketten, nämlich der Verbrauch natürlicher Rohstoffe, die Umweltbelastung und Fragen der Gerechtigkeit und Fairness, die mit der Produktherstellung und -nutzung verbunden sind.

Abb. 4: Schema der Wertschöpfungskette



Quelle: Geibler 2010

Soll ein Produkt beispielsweise nachhaltiger gestaltet werden, können Unternehmen mit einer führenden und koordinierenden Funktion innerhalb der Kette (sogenannte lead agents oder lead firms) die zu erfüllenden Bedingungen für eine solche Veränderung vorschreiben (Gereffi 1999, 2001). Wichtig ist hier die Möglichkeit, den Verbrauch der natürlichen Ressourcen, ökologische Effekte und Gerechtigkeitsaspekte in das Blickfeld für eine Betrachtung von Welthandel und Umwelt zu ziehen.

2.4 Vorgehen der Analyse

In der vorliegenden Analyse wurde folgendes Vorgehen gewählt.

- Mit Hilfe einer **Hot Spot Analyse** (Wallbaum / Kummer 2006) werden die für die Ressourceneffizienzpolitik relevanten Bereiche der IuK, für die Endgeräte Handy und Desktop PC beispielhaft identifiziert (Begründung der Auswahl siehe Kap. 2.4).
- **Analyse der Politikansätze** zur Ressourceneffizienzsteigerung von IuK-Produkten. Dies erfolgt zum einen aus der Sicht unternehmensnaher politischer Instrumente sowie nach der Systematisierung von REP 4.3, REP 4.4 und REP 4.5
- **Erstellung eines spezifischen Policy Mix** - Entwicklung spezifischer Politikansätze zur Steigerung der Ressourceneffizienz unter Berücksichtigung der Hot Spots im IuK Bereich und Integration in die Politiklandkarte (AP4 Policy Mix).

2.4.1 Hot Spot Analyse der Wertschöpfungskette

Mit Hilfe einer Hot Spot Analyse (Wallbaum / Kummer 2006, Kuhndt et al. 2004) wurden die für die Ressourceneffizienzpolitik relevanten Bereiche der Produktkette IuK, für die Endgeräte Mobiltelefon und Desktop PC in zwei Fallstudien beispielhaft identifiziert.

Die Hot Spot-Analyse zielt auf "(...) eine richtungssichere Abschätzung der relativen Verteilung der Ressourcenintensität von Produkten oder Dienstleistungen, untergliedert in unterschiedliche Ressourcenkategorien und Lebenszyklusphasen." (Wallbaum / Kummer 2006: 13). Die Ergebnisse einer Hot Spot Analyse können auf erste Handlungsprioritäten im Bezug auf mögliche Effizienzpotenziale indeuten. Hot Spots sind jedoch nicht mit hohen Potenzialen gleichzusetzen. Hierfür sind umfassendere Analysen verschiedener Handlungsoptionen (z.B. technologische Optionen, Materialsubstitution, Übergang zu Produkt-Dienstleistungs-Systemen, Management- und Qualifizierungsmaßnahmen usw.) notwendig, die z.B. im Rahmen von AP1 durchgeführt werden.

Die Hot Spot-Analyse umfasst die folgenden drei Schritte:

Zunächst wird der Rahmen der Analyse festgelegt, d.h. die zu untersuchenden Lebenszyklusphasen werden definiert und die Kategorien anhand derer die Lebenszyklusphasen analysiert und bewertet werden (hier können ökologische und soziale Kriterien aufgestellt werden). Eine Liste der hier betrachteten Ressourcenkategorien findet sich in Tab. 2. Danach erfolgt die Bewertung der Relevanz der Kategorien innerhalb der einzelnen Lebenszyklusphasen anhand der faktenbasierten Recherche (Schritt 1). Anschließend werden die Lebenszyklusphasen untereinander gewichtet (Schritt 2). Durch Multiplikation der Relevanz der einzelnen Kategorien mit der Gewichtung der jeweiligen Lebenszyklusphase werden die Hot Spots ermittelt (Schritt 3). Die Beschreibung der einzelnen Schritte basiert auf Wallbaum / Kummer 2006.

Schritt 1: Abschätzung der Ressourcenintensität innerhalb einer Lebenszyklusphase: Grundlage der Bewertung ist die Metaanalyse wissenschaftlicher Publikationen, die Aussagen über die Ressourcenintensität über die gesamte oder Teile der betrachteten Wertschöpfungskette erlauben. Eine besondere Rolle spielen, sofern vorhanden, Ökobilanzen. Die relevanten Aussagen der zur Bewertung herangezogenen Publikationen werden für jede Lebenszyklusphase separat stichpunktartig angeführt.

Es wird nur der Ressourcenverbrauch berücksichtigt, der direkt mit dem Produkt / der Dienstleistung sowie der zur Herstellung notwendigen Rohstoffe, Vor- und Zwischenprodukte inkl. Vorketten verbunden ist. Nicht mit einbezogen wurden die Vorketten der nicht unmittelbar mit dem Produkt verbundenen Materialien und Produkte (z.B. Verpackungsmaterialien), sowie der mit Herstellung und allgemeiner Wartung von Produktions- und Transportanlagen sowie Maschinen verbundene Verbrauch (Wallbaum / Kummer 2006).

Die Bewertung im Hinblick auf die Intensität des Ressourcenverbrauchs innerhalb der vorgenannten Ressourcenkategorien erfolgt anhand einer Punkteskala, die eine Ein-

Schätzung der Relevanz jedes Kriteriums innerhalb der Lebenszyklusphase ermöglicht. Die Relevanz wird wie folgt bewertet:

1 = niedrig

2 = mittel

3 = hoch

n.a. = keine wissenschaftlichen Quellen verfügbar bzw. Kategorie lässt sich nicht anwenden

Schritt 2: Gewichtung des Ressourcenverbrauchs zwischen den Lebenszyklusphasen: Basierend auf wissenschaftlichen Analysen und Studien, die den gesamten Lebenszyklus abbilden, wird die relative Bedeutung der einzelnen Lebenszyklusphasen untereinander bewertet. Ziel ist die Bestimmung von Gewichtungsfaktoren, die die Relevanz einer einzelnen Lebenszyklusphase für den gesamten Ressourcenverbrauch der Wertschöpfungskette ausdrücken. Grundlage ist die oben beschriebene Punkteskala.

Schritt 3: Identifizierung der Hot Spots: Durch die integrierte Betrachtung der Schritte 1 und 2 werden schließlich die „Hot Spots“ identifiziert. Sie zeigen die entlang des gesamten Lebenszyklus ressourcenintensivsten Phasen und Kategorien auf. Dazu werden in einem abschließenden Schritt die Ressourcenintensitäten innerhalb der einzelnen Lebenszyklusphasen (Schritt 1) mit den Lebenszyklusgewichtungsfaktoren (Schritt 2) multipliziert, um so die Aussage der Analyse besser zu akzentuieren.

Es werden Gesamtbewertungen zwischen 1 und 9 Punkten für jede der betrachteten Kombinationen aus Ressourcenkategorien und Lebenszyklusphase errechnet und in Tabellenform dargestellt. Als „Hot Spots“ werden Bewertungen mit einem Ergebnis mit 6 und 9 Punkten bezeichnet. Für jede betrachtete Wertschöpfungskette ergibt sich daraus eine Übersicht der bedeutendsten Lebenszyklusphasen hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs.

Folgende vier **Lebenszyklusphasen** werden dabei betrachtet:

- Rohstoffgewinnung: Vielzahl an Rohstoffen.
- Verarbeitung: Rohstoffe und Materialien für die Herstellung von Komponenten und Zusammenbau zu Produkt inkl. Bildschirm bzw. Display
- Nutzung: Der Ressourcenverbrauch während der Nutzung des Produkts, z.B. Stromverbrauch des Geräts selbst sowie der Ressourcenverbrauchs der in Anspruch genommenen Infrastruktur.
- Entsorgung: Bei Entsorgung und Recycling anfallender Ressourcenverbrauch, Materialrückgewinnung und -verluste.

Tab. 2: Überblick über die Ressourcenkategorien zur Identifizierung der „Hot Spots“

Ressourcenkategorien	Beschreibung
Abiotische Materialien	Alle in dieser Phase verwendeten Materialien, wie z.B. Metalle, Chemikalien, Kunststoffe usw.
Biotische Materialien	Alle in dieser Phase verwendeten Materialien, wie z.B. Papier, Holz usw.
Energieverbrauch und Luftemissionen inkl. Treibhausgasemissionen	Die entlang des Lebenszyklus des Produkts verbrauchte Energie wird separat betrachtet, um Handlungsoptionen durch z.B. veränderten Strommix vergleichbar zu machen. Die Emissionen von Treibhausgasen wie CO ₂ durch die Erzeugung der genutzten Elektrizität oder aus anderen Quellen wie z.B. Transport sind ebenfalls relevant. Weiterhin werden in die Luft abgegebenen Chemikalien berücksichtigt.
Wasserverbrauch inkl. Emissionen ins Wasser	Die in dieser Phase verbrauchte Wassermenge, z.B. Prozesswasser, Kühlwasser etc. Die Emissionen ins Wasser beinhalten die Schadstoffe, die während der Rohstoffgewinnungs-, Produktions- und Recyclingphasen in den Wasserkörper gelangen.
Abfall	Dies sind die entlang des Lebenszyklus des Produkts anfallenden festen Abfallstoffe, resultierend aus Rohstoffgewinnung, Produktion und Entsorgung des Produkts.

Quellen: Wallbaum / Kummer 2006, Biermann et al. 2010

Anhand dieser Kriterien wurden die beiden Fallstudien analysiert und bewertet. Die Ergebnisse der Hot Spot Analyse werden in Kap. 3.1 und 3.2 vorgestellt.

2.4.2 Auswahl der Fallstudien

Die Auswahl der beiden Fallstudien lässt sich wie folgt begründen:

- keine Primärerhebung möglich im Rahmen des Projektes, gute Datenlage für Sekundäranalyse: Dazu dient die Aktualisierung vorliegender Hot Spot Analysen für den PC (vgl. hierzu z. B. www.ressourcenproduktivitaet.de, www.digital-eu.org) und die Erstellung einer neuen Analyse für Mobiltelefone; damit sind auch Querverbindungen zu den anderen APs gegeben, die soweit möglich in die Analyse einfließen;
- gute Übertragbarkeit: unterschiedliche Materialzusammensetzung und Nutzungsmuster, aber oftmals ähnliche Materialienverwendung. "Einflussgrößen sind Nutzerverhalten, der Einsatz ressourcenintensiver Materialien, die Verarbeitungsintensität, der Anteil des Produktionsausschusses und die Wiederverwendung" (Kristof 2007)
- hohe Mengenrelevanz im aktuellen Markt (Kristof 2007, UBA / BMU 2006)

- hoher Ressourcenverbrauch (siehe Kap. 3.1 und 3.2),
- bedeutsame Zukunftsmärkte,
- Befriedigung von Grundbedürfnissen (Kommunikation) bzw. Unverzichtbarkeit der ausgewählten Geräte im Arbeits- und Lebensalltag
- gute Kommunizierbarkeit der Analyseergebnisse. (Wallbaum / Kummer 2006)

Anhand der Fallstudien kann gezeigt werden, welcher wesentliche Ressourcenverbrauch mit den zwei mengenmäßig bedeutenden IuK-Endgeräten verbunden. Es kann ein fundierter Einblick in Teile der Wertschöpfungskette gegeben werden und somit dem oben beschriebenen Problem der fehlenden aggregierten Daten für den gesamten IuK-Sektor begegnet werden. Beachtet werden muss hierbei, dass die Fallstudien nicht repräsentativ für den gesamten IuK-Sektor sind und eine begrenzte Datenlage bzgl. aktueller technologischer Entwicklungen vorliegt, da Primärdaten über die aktuellste Materialzusammensetzung und Ressourcenverbräuche nicht vorliegen und somit auf (teilweise wenige Jahre alte) Sekundäruntersuchungen zurück gegriffen werden musste.

3 Entwicklung und Beschreibung von Politikansätzen für die Steigerung der Ressourceneffizienz von IuK-Produkten

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Hot Spot Analyse für PCs und Mobiltelefone dargestellt, daraus die notwendigen Ansatzpunkte für unternehmensnahe Ansätze zur Steigerung der Ressourceneffizienz abgeleitet und den vorhandenen Politikansätzen gegenübergestellt.

„Seit dem Ende der 1950er Jahre etablierten sich Miniaturisierung, Kostendegression und Massenfertigung auf immer höherem Niveau als Kernstrategie der gesamten IuK-Branche“ (Hellige 2009). Die damit einhergehenden ressourcenbezogenen Hot Spots werden im Folgenden entlang des gesamten Lebenszyklus von PC und Mobiltelefon als bedeutende Massenprodukte der IuK analysiert.

3.1 Hot Spot Analyse: Beispiel PC

Die Entwicklung seit den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts verdeutlicht, welcher Ressourcenverbrauch mit der Entwicklung und weltweiten Verbreitung des PC einhergeht, machen die weltweiten Produktionszahlen von PCs deutlich (vgl. ausführlicher Hellige 2009):

- 1955: 250 Computer
- Anfang der 60er Jahre: ca. 12.000
- Anfang der 70er Jahre: ca. 70.000
- Massenausbreitung seit den 80er Jahren in der Geschäftswelt und seit den 90er Jahren in den Privathaushalten
- 1981 ca. 4 Mio. PCs
- 1995: ca. 257 Mio. PCs
- 2001: 540 Mio. PCs (leichte Sättigung und dotcom-Krise)
- Ende 2007 die erste Milliarde
- Trend: weiter steigend: bis 2014 ca. 2 Mrd.

Integriert man in die Betrachtung auch die PCs, die im Laufe der Jahrzehnte ausrangiert wurde, so ergibt sich ein noch deutlicheres Bild des beschleunigten Mengenwachstums:

- 70er Jahren bis Juni 2002: 1 Mrd. PCs produziert (innerhalb von 25 Jahren)
- 2. Halbjahr 2002 bis Mitte 2007: 2 Mrd. PCs produziert (innerhalb von 5 Jahren) (Hellige 2009).

Die durch IBM und Microsoft (in strategischer Allianz mit Intel) angetriebene „Hardware-Software-Spirale“, d.h. Strategien einer permanenten Funktionsausweitung und der in kurzen Abständen aufeinander folgenden Hardware- und Software-Releases (Hellige 2009), lässt sich nur z.T. mit ihrer Monopolstellung begründen. Ein weiterer

Grund war, die mit den technischen und marktstrategischen Entwicklungen verbundenen hohen Entwicklungs- und Investitionskosten, die schließlich zu einer Art „PC-Schwemme“ führten.

Die Verbreitung von u.a. PCs nimmt weiter zu: In Deutschland wird die Zahl der PCs in Haushalten und Unternehmen von 43,8 Mio. 2007 auf 51,5 Mio. 2020 ansteigen (BMW 2009). Die Nutzung dieser Geräte intensiviert sich stetig. Die eigentliche Mengenexplosion wird bei mobilen tragbaren und eingebauten Computern bzw. Mikroprozessoren erst noch bevorstehen. Der Trend in der Nutzungsphase geht hin zu einer stärkeren Personalisierung, Internetanwendungen, medialer Nutzung und einem Übergang zu mobilen Geräten. Der PC wird zu einem Modeartikel mit immer kürzeren Produktlebenszyklen (ebd.).

Der gesteigerte Stromverbrauch der Haushalte wird vor allem durch die intensivere Nutzung von Computern (v.a. durch intensivere Internetnutzung) und den Trend zu größeren TV-Displays mit erhöhtem Stromverbrauch verursacht. Der jährliche Datenverkehr wird um 50 % zunehmen, was sich in erhöhtem Stromverbrauch von Endgeräten, Servern und Netzwerk äußert. Effizienzgewinne werden u.a. durch reduzierten Stromverbrauch im Standby-Modus und durch das Ersetzen von CRT (= Cathode Ray Tube)-Monitoren durch die sparsameren LCD (= Liquid Crystal Display)-Monitore oder zukünftig durch OLEDs erzielt (siehe ausführlicher Rohn et al. 2010). Der weitere Ausbau von Breitbandnetzen führt zu einer erhöhten Energieeffizienz in der Datenübertragung. Diese Effizienzgewinne können jedoch den erhöhten Verbrauch durch die beschriebenen Trends nicht kompensieren (BMW 2009).

In Unternehmen steigt die Ausstattung mit PCs und Notebooks pro Beschäftigter weiter an, insbesondere bei den energieeffizienteren Notebooks. Da aber die Zahl der Erwerbstätigen insgesamt sinken wird und Energieeinsparungen durch das Ersetzen von CRT-Monitoren mit LCD-Monitoren und die Erhöhung des Anteils von Thin Clients erzielt werden, nimmt der IuK-bedingte Stromverbrauch der Unternehmen insgesamt nur geringfügig zu. Der Stromverbrauch der Rechenzentren wird dagegen ansteigen. Der insgesamt stark erhöhte Datenverkehr und die steigende Digitalisierung aller Geschäfts- und Privatbereiche führt zu einer Zunahme der Zahl und Größe von Rechenzentren mit entsprechender Zunahme des Stromverbrauchs, der durch die energiesparendere Server- und Klimatisierungstechnik nicht ausgeglichen werden wird (BMW 2009).

Die folgende Hot Spot Analyse wurde für einen Standard Desktop PC durchgeführt (d.h. kein Thin Client, Notebook etc.). Der Monitor wird in die Betrachtung einbezogen, weitere Peripheriegeräte wie Drucker, Scanner etc. jedoch nicht.

3.1.1 Ressourcenintensität innerhalb einer Lebenszyklusphase

Rohstoffgewinnung

Bei dem Produkt PC ist die Rohstoffgewinnungsphase sehr relevant. Es werden große Mengen abiotischer Materialien wie Metalle (auch Sonder- und Edelmetalle), Chemikalien, Kunststoffe und Glas verbraucht, deren Gewinnung mit hohem Wasser- und Energieverbrauch verbunden ist (BMU-UBA 2008, BMU 2009, Wuppertal Institut 2003, UBA 2007). Durch den hohen Energiebedarf der Metallgewinnung entsteht zudem ein hoher Verbrauch an fossilen Energieträgern, die z.B. für die Stromgewinnung und den Betrieb motorisierter Maschinen und Fahrzeuge (v.a. Diesel) verwendet werden (Duan et al. 2009).

Hohe Ressourcenverbräuche sind in besonderem Maße für die Förderung von Sonder- und Edelmetallen, wie z.B. Platinmetallen, relevant, die nur in geringer Konzentration im Gestein vorkommen. Dadurch fallen große Abfallmengen in Form von Abraum und metallurgischen Abfällen an, weiterhin CO₂- und SO₂-Emissionen (aus Energiegewinnung und sulfidischen Erzen). Der Materialinput zur Gewinnung 1 t Platinmetalle beträgt 388.600 t, davon sind 86 % Abfälle, die bei der Metallgewinnung anfallen. Eine detailliertere Beschreibung der einzelnen Metalle findet sich in UBA 2007 (Anhang 2). Der Rest des Inputs entfällt auf die Stromerzeugung (Saurat und Bringezu 2008).

Ein 12,6 kg schwerer PC enthält 6,3 kg Stahl, den zweithöchsten Gewichtsanteil haben elektronische Bauteile (reich an Kupfer und Aluminium), den nächst höchsten Kunststoffe. Ein Flachbildschirm (LCD-Monitor, 6,8 kg schwer) enthält 3 kg Eisen (Gehäuse), den zweithöchsten Gewichtsanteil steuern verschiedene Kunststoffe bei, gefolgt von elektronischen Bauteilen. Ein Röhrenbildschirm (CRT-Monitor, 16,4 kg schwer) enthält 11,1 kg Glas und ca. 2,3 kg verschiedene Kunststoffe, weiterhin elektronische Bauteile (v.a. Kupfer, Aluminium, Silikon) (IVF 2007; Fraunhofer UMSICHT 2008). Vor allem die Produktion von Leiterplatten und Chips findet unter Einsatz großer Mengen verschiedener Chemikalien statt (Greenpeace 2007).

Tab. 3: Relevanz innerhalb der Rohstoffgewinnung: Desktop PC

Lebenszyklusphase: Rohstoffgewinnung			
Kategorie	Aspekte der Ressourcenintensität	Quelle	Relevanz
Abiotische Materialien	Stahl, Kupfer, Aluminium, seltene Metalle, Sonder- und Edelmetalle, Kunststoffe, Silikon, Glas, Chemikalien Fossile Energieträger	IVF 2007; Fraunhofer UMSICHT 2008; Wuppertal Institut 2003; Greenpeace 2007, UBA 2007; Duan et al. 2009	3

Biotische Materialien	k.a.	-	1
Energieverbrauch und Luftemissionen	Hoher Energieverbrauch, CO ₂ und SO ₂ Emissionen bei Gewinnung von Platinmetallen, Kupfer, Nickel und Gold. Signifikante Energieverbräuche, u.a. durch Förderung seltener Metalle	Saurat und Bringezu 2008 UBA 2009	3
Wasserverbrauch und -emissionen	Hoher Verbrauch bei der Förderung seltener Metalle.	UBA 2009	2
Abfall	Große Mengen Abraum und Abfälle bei der Gewinnung von Platinmetallen, Kupfer, Nickel, Gold	Saurat und Bringezu 2008	2

Quelle: Eigene Darstellung

Verarbeitung

Die Verarbeitungsphase wird insbesondere durch den Verbrauch hoher Mengen an Wasser, Energie und Chemikalien gekennzeichnet. Dabei ist die Herstellung von Chips, Leiterplatten und anderen elektronischen Komponenten besonders hervorzuheben. Es fallen große Abfallmengen sowie Emissionen in die Luft und ins Wasser an. Laut einer in China durchgeführten Studie ist die Hauptplatine mit all ihren Bestandteilen (Prozessor, Chips etc.) für 54 % der Umweltwirkungen des Herstellungsprozesses eines PCs verantwortlich, obwohl sie nur etwa 8 % seines Gewichts ausmacht (Duan et al. 2009). Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt auch eine koreanische Studie (Choi et al. 2006).

Williams et al. beziffern die Aufwendungen zur Herstellung und Nutzung eines 2 g schweren 32 MB DRAM Chip auf mindestens 1.600 g fossile Brennstoffe, 72 g Chemikalien, 32.000 g Wasser und 700 g Stickstoffgas. Die Purifikation der Materialien auf den für Chips benötigten Reinheitsgrad ist sehr energieintensiv. So verbraucht z.B. die Produktionskette zur Herstellung von Silikon-Wafers (Grundplatte für Halbleiter-Bauelemente wie Chips) aus Quarz 2130 kWh Elektrizität für 1 kg Silikon-Wafer, ca. 160 mal so viel Energie wie die Produktion von Rohsilikon. Auch die im Herstellungsprozess verwendeten Chemikalien müssen aufwändig purifiziert werden (Williams et al. 2002).

Emissionen von Treibhausgasen, Schwefeloxiden, leichtflüchtigen Verbindungen (VOC), persistenten organischen Verbindungen (POP), Schwermetallen, polyzyklischen aromatischen Verbindungen und Feinstaub fallen v.a. bei der Produktion von Chips, Leiterplatten und weiteren Komponenten, sowie bei der Produktion von Stahlblechen, Kondensatoren, Spulen (Kupfer) und Aluminiumblechen an. Die festen Abfälle resultieren in erster Linie aus der Stahlschichten- und Kupferdrahtproduktion, die gefährlichen Abfälle vor allem aus der Leiterplattenherstellung (IVF 2007; Fraunhofer UMSICHT 2008)

Des Weiteren kommt es zu Emissionen ins Wasser. Bei der Herstellung von Chips und Leiterplatten in Asien und Südamerika fallen wegen ungenügender Abwasserbehandlung häufig toxische Abwässer an, auch Grundwasserbelastung wurde festgestellt (Greenpeace 2007).

Die Herstellung von Chips und Leiterplatten macht einen großen Anteil des Energieverbrauchs aus. Darüber hinaus ist auch die Herstellung von anderen elektronischen Bauteilen, galvanisierten Stahlschichten, Kondensatoren und Spulen energieintensiv. Weitere Energie wird für den Zusammenbau benötigt (IVF 2007; Fraunhofer UMSICHT 2008). Bei der Herstellung von Chips fallen bei einem Gesamtenergieaufwand von 56 MJ pro Chip ca. 8 MJ auf die Vorketten (Chemikalien und Silikon), ca. 33 MJ auf die Herstellung des Chips und 15 MJ auf die Nutzung (4 Jahre, 3 h pro Tag) (Williams et al. 2002).

Tab. 4: Relevanz innerhalb der Verarbeitung: Desktop PC

Lebenszyklusphase: Verarbeitung			
Kategorie	Aspekte der Ressourcenintensität	Quelle	Relevanz
Abiotische Materialien	0,5 - 1,5 t primär abiotische Rohstoffe (Herstellung inkl. Rohstoffgewinnung und Verarbeitung) 500 - 1.000 verschiedene Chemikalien bei Herstellung von Chips und Leiterplatten 23 kg verschiedene Chemikalien für PC + Monitor fossile Energieträger	Türk 2003, S. 120 Hwang 2002 UBA 2009 Duan et al. 2009	3
Biotische Materialien	PC (12,6 kg schwer): 2,3 kg Papier für Verpackung; LCD-Monitor: 0,65 kg; CRT-Monitor: 1,88 kg	IVF 2007; Fraunhofer UMSICHT 2008	1
Energieverbrauch & Luftemissionen (inkl. Treibhausgasemissionen)	Ca. 1,9 GJ Primärenergieaufwand*, großer Anteil durch Herstellung von Chips und Leiterplatten; ca. 0,8 GJ Primärenergie für Monitor Emissionen von Treibhausgasen, Schwefeloxiden, leichtflüchtigen Verbindungen (VOC), persistenten organischen Verbindungen (POP), Schwermetallen, polyzyklischen aromatischen Verbindungen, Feinstaub	IVF 2007; Fraunhofer UMSICHT 2008; Wilum 2008 IVF 2007; Fraunhofer UMSICHT 2008; Choi et al. 2006	3

Wasserverbrauch (inkl. Emissionen ins Wasser)	745 l Prozesswasser pro PC, hpts. für Herstellung von Chips und anderen elektronischen Bauteilen; weiterer Wasserverbrauch für Zusammenbau; 151 l für LCD-Monitor; 224 l für CRT-Monitor; Emissionen ins Wasser toxische Abwässer bei Herstellung von Chips und Leiterplatten in Asien und Südamerika	IVF 2007; Fraunhofer UMSICHT 2008 Greenpeace 2007; Choi et al. 2006	3
Abfall	Große Mengen an Abfallstoffen bei Herstellung von Chips und Leiterplatten pro PC: 27 kg (+8,2 kg für LCD-Monitor) Abfall, v.a. aus Stahlschichten- und Kupferdrahtproduktion; 0,57 kg (+0,13 kg für LCD-Monitor) gefährlicher Abfall (nach EU-Klassifizierung) v.a. in Leiterplattenherstellung	Hwang 2002; Choi et al. 2006 IVF 2007; Fraunhofer UMSICHT 2008	3

Quelle: Eigene Darstellung

*Primärenergieaufwand: Verbrauch von Primärenergie vor Verlusten durch Energieumwandlungen; an Primärenergieträger gebunden

Nutzung

Die Nutzungsphase ist insbesondere im Hinblick auf den Energieverbrauch relevant, der i.d.R. deutlich den Energieaufwand der Produktionsphase übertrifft (Willum 2008). Im Einzelfall ist dies jedoch stark vom Nutzerverhalten abhängig, d.h. von der täglichen Nutzungsdauer des PCs und seiner Lebensdauer. Zunehmender Ressourcen- und Energieverbrauch entsteht auch durch den Zugriff auf externe Server über das Internet.

Türk et al. (2003b) gehen von einem Stromverbrauch von 100-150 W für ein PC-System (inkl. Monitor) aus. Unter dieser Bedingung summiert sich bei einer Lebensdauer von drei Jahren der mit dem Stromverbrauch verbundene Verbrauch auf ca. 300 kg abiotische Rohstoffe (Annahme 1h Nutzung/Tag). Bei intensiver Nutzung am Arbeitsplatz kann dieser Verbrauch aber auch leicht auf 1.500 kg steigen (Türk et al. 2003b, S. 118 ff). Der hohe Stromverbrauch von PCs wird vor allem von Prozessoren, Grafikkarten und Monitoren hervorgerufen (Meyer 2008).

Bezüglich der Umweltwirkungen des Energieverbrauchs spielt darüber hinaus der betrachtete nationale Strommix eine Rolle: So fand eine chinesische Lebenszyklusanalyse, dass die dominanteste Umweltwirkung von PCs in der Nutzungsphase auf Emissionen der für die Stromerzeugung genutzten Kohlekraftwerke zurückgeht. Diese Emissionen sind in China so hoch, dass sie die Nutzungsphase insgesamt zur umweltrelevantesten Phase machen (Duan et al. 2009).

Insgesamt ist die Nutzungsphase stark dominant hinsichtlich des Energieverbrauchs: Die über 24 Stunden gemittelte Leistungsaufnahme eines PCs bei einer Nutzungsdauer von 9-10 Stunden Arbeitszeit und Herunterfahren nach der Arbeit beträgt 31 W (+27 W für CRT- und 12 W für LCD-Monitor) (Fraunhofer UMSICHT 2008). Das entspricht

einem Jahresbedarf von 343,73 kWh; (zusätzlich 67,73 kWh für TFT-Monitore bzw. 147,78 kWh für CRT-Monitore) (ebd.)

Nach einer Studie des Fraunhofer IZM verbrauchten im Jahr 2007 alle PCs in privaten Haushalten und Unternehmen in Deutschland zusammen 9606,8 GWh. Hinzu kamen 3825,1 GWh für die Monitore (BMWi 2009).

Tab. 5: Relevanz innerhalb der Nutzung: Desktop PC

Lebenszyklusphase: Nutzung			
Kategorie	Aspekte der Ressourcenintensität	Quelle	Relevanz
Abiotische Materialien	PC (inkl. Monitor)-Nutzung für 3 Jahre: Je nach Nutzungsintensität Verbrauch von ca. 300 - 1.500 kg abiotischen Rohstoffen verbunden mit Stromverbrauch	Türk et al. 2003b, S. 118 ff	3
Biotische Materialien	k.a.		1
Energieverbrauch & Luftemissionen (inkl. Treibhausgasemissionen)	Hoher Stromverbrauch v.a. durch Prozessoren, Grafikkarten, Monitore Tagesmittel Leistungsaufnahme Arbeitsrechner: 31 W (=343,73 kWh Jahresbedarf) Tagesmittel Leistungsaufnahme CRT-Monitor: 27 W (147,78 kWh pro Jahr) Tagesmittel Leistungsaufnahme TFT-Monitor: 12 W (67,73 kWh pro Jahr) Jahresverbrauch aller PCs und Monitore in Deutschland 2007: 13 431,9 GWh Emissionen von CO ₂ , NO _x , SO ₂ und Feinstaub in Verbindung mit Stromerzeugung, v.a. von Kohlekraftwerken	Meyer 2008 Fraunhofer UMSICHT 2008 BMWi 2009 Duan et al. 2009	3
Wasserverbrauch (inkl. Emissionen ins Wasser)	k.a.		1
Abfall	k.a.		1

Quelle: Eigene Darstellung

Entsorgung

Die Entsorgungsphase des Produktbeispiels PC ist mit relativ geringem Ressourcenverbrauch verbunden. Durch Recycling ergeben sich für den Wasser- und Energieverbrauch positive Bilanzen im Vergleich zu einer Neugewinnung der gleichen Materialmenge. Problematisch ist die Verlagerung der Entsorgung in Schwellenländer, da Recycling und Entsorgung hier u.U. mit signifikanten Umweltbelastungen einhergehen (z.B. sog. „Backyard-Recycling“: Verbrennung und Chemikalienbehandlung der Geräte

unter freiem Himmel; Deponierung ohne spezielle Vorkehrungen zur Schadstoffbehandlung (Greenpeace 2005, Hagelüken 2006).

In einer Studie des IVF wurde die mittlere Lebensdauer eines PCs mit Monitor auf 6,6 Jahre geschätzt. Es wurde eine mittlere „erste“ Lebensdauer von 6 Jahren ermittelt, danach eine Second-Hand Nutzung von 20 % der Geräte für weitere 3 Jahre. Daraus ergibt sich die mittlere Lebensdauer von 6,6 Jahren (IVF 2007). Andere Quellen gehen v.a. für den gewerblichen Bereich von einer deutlich kürzeren Lebensdauer von 2-4 Jahren aus (Hellige 2009).

Im Jahr 2006 wurden 754.000 t Elektro- und Elektronikgeräte in Deutschland gesammelt. Im Jahr 2008 wurden ca. 155.000 t neue, gebrauchte und Alt-Geräte exportiert (Afrika, Asien). Darunter waren 8% Computer, 7% Kleingeräte, 5% Braune Ware, 38% Fernseher, 33% Monitore und 10% Kühl- und Gefriergeräte² (UBA 2010: 133). Laut Hagelüken (2006) entgehen weltweit etwa 50 % der IT-Geräte dem Recycling, entweder weil sie erst gar nicht dem Recycling zugeführt werden oder durch Materialverluste bei ineffizientem Recycling in Entwicklungs- und Schwellenländern.

Die High-Tech Bestandteile eines PCs sind schwerer zu recyceln, da in ihnen eine große Zahl von Materialien in kleinen Mengen und komplexen Verbindungen vorkommt. Größere Stahl- und Aluminiumteile sind leichter zu handhaben (Röpke et al. 2008). Seltene und umweltbelastende Metalle (z.B. Platinmetalle) sind aufgrund der dissipativen Verwendung nur eingeschränkt recycelfähig (BMU-UBA 2008).

Edelmetalle und umweltbelastende Metalle sind vor allem in der Leiterplatte konzentriert, wo sie im Verbund mit anderen Metallen, Keramik oder Kunststoff verwendet werden. Gold trägt zwar nur 250 ppm zum Gewicht einer Leiterplatte bei, aber 65 % zu deren Materialwert. Beim mechanischen Zerkleinern und Sortieren von Leiterplatten kommt es zu einem Verlust von Edelmetallen und Kupfer von 20%. Dies bedeutet einen finanziellen Verlust von 1300 US \$ pro Tonne Leiterplattenschrott (Metallpreise von 2006). Mit modernen metallurgischen Verfahren ist dagegen eine Rückgewinnung von 95 % der Edelmetalle und des Kupfers möglich (Hagelüken 2006).

Rund 70% des weltweiten Elektroschrottaufkommens werden nach China exportiert (Fraunhofer UMSICHT 2008), aber auch andere Länder Asiens und Afrikas importieren Elektroschrott in großen Mengen. Dort gehen Recycling und Entsorgung teils mit einer gravierenden Kontamination von Umwelt und Arbeitsplätzen durch Schwermetalle und organische Schadstoffe einher (Greenpeace 2005). Darüber hinaus werden durch die meist suboptimalen Recyclingtechniken deutlich niedrigere Metall-Rückgewinnungsquoten (ca. 25 % für Gold) erzielt als bei State-of-the-Art-Verfahren möglich sind (Hagelüken 2006, 2009b). Unter der europäischen Gesetzgebung ist der Export von Elektronikschrott zwar verboten (siehe WEEE-Richtlinie und die Basler Konvention), findet dennoch statt aber, indem Schrott als Secondhandware gekennzeichnet wird (Nordbrand 2009). So wurden im Jahr 2008 zwischen 93.000 t und 216.000 t Elektro- und

² Bei der Summe von 155.000t und den Anteilen des exportierten Gerätemixes handelt es sich um gemittelte Werte (UBA 2010: 133).

Elektronik-Alt- und -Gebrauchtgeräte aus Deutschland exportiert. Dabei ist unklar, welcher Anteil dieser Geräte tatsächlich nicht mehr funktionsfähiger Elektroschrott war. Aufgrund von Analysen des Warenwerts wird jedoch vermutet, dass der Anteil von Schrott bzw. Geräten in schlechtem Zustand sehr hoch war. Bei etwa 5-10 % dieser Exportmenge handelte es sich um Computer; es wurden ca. 50.000 t Monitore Exportiert. Insbesondere Nigeria, Ghana und Vietnam wurden als wichtige Importländer dieser Geräte ermittelt. In diesen Ländern gibt es keine adequate Entsorgungsinfrastruktur, so dass die Entsorgung der Geräte mit den oben genannten Problemen der Umwelt- und Gesundheitsbelastung sowie des Verlusts wertvoller und umweltrelevanter Rohstoffe einhergeht (UBA 2010).

Im Hinblick auf den Wasserverbrauch ergibt sich ein Einspareffekt durch Recycling, da beim Recyceln von PCs und Monitoren weniger Wasser verbraucht wird als bei Neuproduktion der entsprechenden Materialien aufgewendet werden müsste (IVF 2007; Fraunhofer UMSICHT 2008). Desgleichen ist auch die Energiebilanz des PC-Recyclings positiv (Röpke et al. 2008), wohingegen beim Monitor-Recycling (sowohl CRT als auch LCD) mehr Energie verbraucht wird, als eingespart wird (IVF 2007, Fraunhofer UMSICHT 2008).

Laut Schischke und Kohlmeyer (2003) gewinnt man durch die Rückgewinnung der Metalle sowie eine energetische Nutzung des Kunststoffes rund 13% der für die Herstellung aufgewendeten Energie zurück.

Tab. 6: Relevanz innerhalb der Entsorgung: Desktop PC

Lebenszyklusphase: Entsorgung			
Kategorie	Aspekte der Ressourcenintensität	Quelle	Relevanz
Abiotische Materialien	Materialverlust durch fehlendes oder suboptimales Recycling; insbesondere Verlust von Sonder- und Edelmetallen ökologisch und ökonomisch relevant Versch. Chemikalien für Recyclingprozesse Insgesamt Einsparung abiotischer Materialien möglich	Hagelüken 2006 Nordbrand 2009 Duan et al. 2009; Choi et al. 2006	2
Biotische Materialien	k.a.		1
Energieverbrauch & Luftemissionen (inkl. Treibhausgasemissionen)	Einsparung bei PC-Recycling, Verlust bei Monitor-Recycling Bei Recycling oder Deponierung in einigen Ländern (z.B. China, Südkorea, andere asiatische und afrikanische Länder) Emissionen von Schadstoffen in die Luft	IVF 2007; Fraunhofer UMSICHT 2008; Röpke et al. 2008; Schischke & Kohlmeyer 2003; Duan et al. 2009; Choi et al.	2

		2006	
Wasserverbrauch (inkl. Emissionen ins Wasser)	Einspareffekt durch Recycling Bei Recycling oder Deponierung in einigen Ländern (z.B. China, Südkorea, andere asiatische und afrikanische Länder) Emissionen von Schadstoffen ins Wasser	IVF 2007; Fraunhofer UMSICHT 2008; Duan et al. 2009; Choi et al. 2006	1
Abfall	k.a.		1

Quelle: Eigene Darstellung

3.1.2 Lebenszyklusweite Betrachtung

Die Betrachtung der Relevanz der jeweiligen Phasen zueinander zeigt, dass im Hinblick auf den Ressourcenverbrauch (v.a. abiotische Materialien und Wasser) die Rohstoff- und die Verarbeitungsphase am relevantesten sind. Der Ressourcen- und Energieverbrauch dieser Phasen wird von der Herstellung von Chips und Leiterplatten dominiert, sowohl hinsichtlich der für diese Bauteile benötigten Materialien (Sonder- und Edelmetalle, Silikon, Chemikalien, etc.) als auch hinsichtlich des Produktionsprozesses.

Bezüglich des Energieverbrauchs hängt die Gewichtung der einzelnen Phasen untereinander stark vom Nutzerverhalten ab. Bei intensiver Nutzung und langer Lebensdauer eines PCs dominiert die Nutzungsphase, bei weniger intensiver Nutzung kann jedoch auch die Produktionsphase den höheren Energieaufwand besitzen. Zunehmend muss auch der Energie- und Ressourcenverbrauch von Rechenzentren, die u.a. die Inhalte des Internets bereitstellen, berücksichtigt werden. Die Umweltwirkungen des Energieverbrauchs werden nicht unerheblich vom jeweils betrachteten Strommix bestimmt und können im ungünstigsten Fall (z.B. Strom von Kohlekraftwerken in China) die Umweltwirkungen der Rohstoff- und Verarbeitungsphase übertreffen (Duan et al. 2009).

Willum (2008) gibt auf Grundlage mehrerer Studien zum Energieverbrauch eines PCs entlang des Lebenszyklus das Verhältnis von Energieverbrauch in der Nutzungsphase zu Energieverbrauch von Produktion, Transport und Entsorgung zusammen als 0,3 – 5,2 an. Dies bestätigt, dass in der Regel die Nutzung bedeutsamer für den Energieverbrauch über den gesamten Lebenszyklus ist, dies im Einzelfall aber nutzerabhängig ist.

Laut einer Studie der TU Berlin zum Energieverbrauch entlang des Lebenszyklus eines PCs ist bei intensiver Nutzung die Nutzungsphase, andernfalls die Herstellung die dominierende Lebenszyklusphase (Schischke & Kohlmeyer 2003). Eine weitere Studie zum kumulierten Energieaufwand (KEA) eines PCs identifiziert bei intensiver Nutzung (4 Jahre, Arbeitsplatzrechner) die Nutzungsphase als für 57% der KEA von insgesamt 22,2 GJ verantwortlich, während die Herstellung mit rund 40% zu Buche schlägt. Bei privater (weniger intensiver) Nutzung des PCs steigt der Anteil der KEA auf über 50%

an (Dreier et al. 2000). Unter dem kumulierten Energieaufwand versteht man die gesamte Energiemenge, die für Herstellung, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung eines Produktes aufgewandt wird, inklusive Rohstoffgewinnung und Vorprodukte sowie benötigte Maschinen und Infrastruktur.

Hinsichtlich der Umweltwirkungen - Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen, Erderwärmung / Treibhausgase, Toxizität, Versauerung, Eutrophierung, Zerstörung der Ozonschicht, Photooxidantien / Smog - kommt eine Studie aus Korea zu dem Ergebnis, dass die Rohstoff- und Verarbeitungsphase zusammen deutlich dominant gegenüber der Nutzungsphase ist (Choi et al. 2006).

Der Energie- und Ressourcenverbrauch der Entsorgungsphase ist in der lebenszyklusweiten Betrachtung von geringerer Bedeutung. Durch Recycling können in der Regel Materialien, Wasser und Energie eingespart werden. Allerdings werden viele Metalle die für die IuK-Geräte essentiell sind nur unzureichend recycelt oder können bislang nicht recycelt werden. Bei der Entsorgung in Schwellenländern kann es zudem zu stark erhöhten Umweltbelastungen kommen. Nicht recycelter Elektroschrott stellt zudem eine Materialsenke für viele wertvolle Stoffe dar.

Tab. 7: Gewichtung der Lebenszyklusphasen

Lebenszyklus Kategorie	Rohstoffgewinnung	Verarbeitung	Nutzung	Entsorgung
Ressourcenkategorien außer Energie	3	3	2	1
Energie	3	3	3	1

Quelle: Eigene Darstellung

3.1.3 Hot Spots Desktop PC

Aus der vorangegangenen Analyse ergeben sich folgende Hot Spots für das Produktbeispiel PC:

Tab. 8: Hot Spot Identifikation Desktop PC

Lebenszyklus Kategorie	Rohstoffge- winnung	Verarbeitung	Nutzung	Entsorgung
Abiotische Materialien	9	9	6	2
Biotische Materialien	3	3	2	1
Energie	9	9	9	2
Wasser	6	9	2	1
Abfall	6	9	2	1

Quelle: Eigene Darstellung

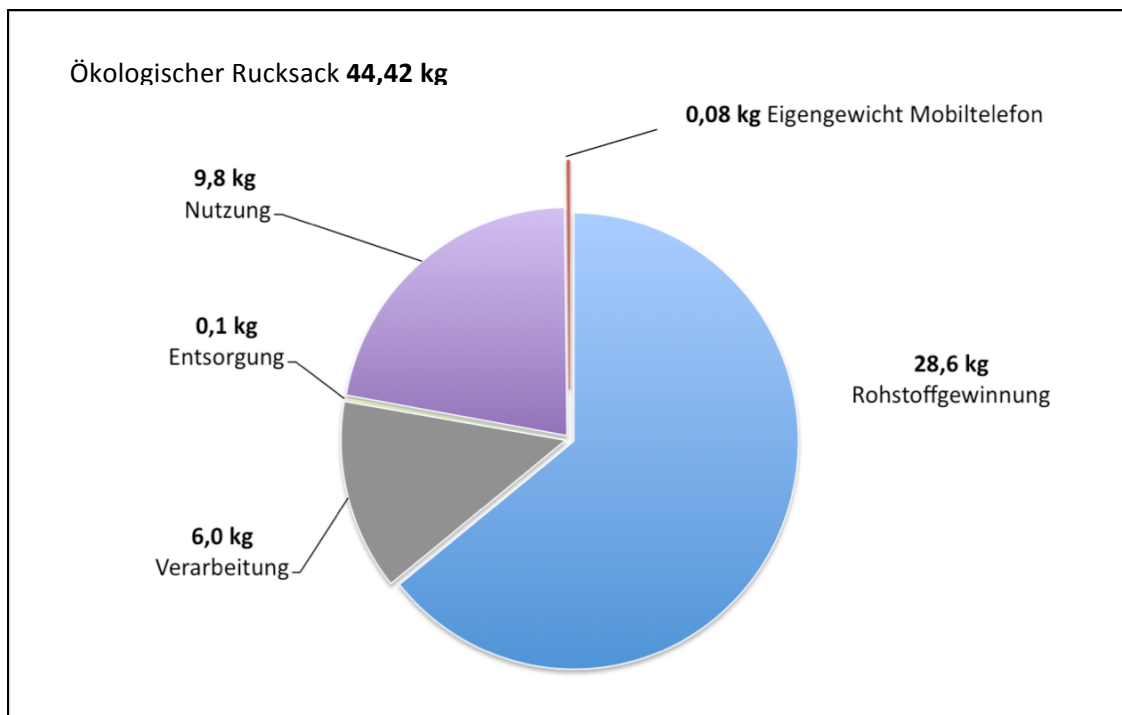
Für die abiotischen Materialien und Wasser ergeben sich Hot Spots in den Lebenszyklusphasen Rohstoffgewinnung und Verarbeitung. Die Kategorie Energie tritt in der Rohstoff-, Verarbeitungs- und Nutzungsphase als Hot Spot auf. Die Entsorgungsphase weist keine Hot Spots auf.

3.2 Hot Spot Analyse: Beispiel Mobiltelefon

Anfang der 1990er begann die Massenausbreitung des Mobilfunks. Als Ursache für diesen starken Anstieg der mobilen Anschlüsse sind Vermarktungsstrategien als entscheidender Faktor genannt (Einführung von Prepaidkarten, subventionierte Billigangebote, Mobiltelefone als kostenlose Beigabe zum Vertrag). Im Jahr 2008 betrug die Durchdringungsrate 130 % in Deutschland, d.h. 107,4 Mio. Verträge wurden bis dahin abgeschlossen bei einer Einwohnerzahl von 82,8 Mio. (Hellige 2009).

Das Wachstum wird weltweit weitergehen, denn einerseits werden in China, Indien und Afrika zunehmend Mobiltelefone genutzt. Andererseits geht in Europa, Japan und den USA der Trend zum Zweit- und Dritt-Mobiltelefon und Ersatzgeräten, denn die durchschnittliche Nutzungsdauer beträgt ca. 18-24 Monate (Hellige 2009, Reller et al. 2009). Je nach Nutzergruppen werden Mobiltelefone auch kürzer oder länger genutzt: Eine Befragung unter Senioren (über 65 Jährige) kommt zu dem Ergebnis, das ca. 30% der Befragten ihr Handy länger als fünf Jahre nutzen. Ein Großteil (ca. 65%) nutzen ihr Handy mindestens 1-5 Jahre (Baier / Blechinger-Zahnweh 2005).

Abb. 5: Ökologischer Rucksack eines Mobiltelefons auf Basis der MIPS-Methodik für die Lebensdauer von 2,8 Jahren im Vergleich zum Eigengewicht des Mobiltelefons



Quelle: Eigene Darstellung nach Berechnungen des Wuppertal Instituts 2010; angegeben ist der ökologische Rucksack ohne Eigengewicht des Mobiltelefons und Netzinfrastruktur; Berechnungen basieren auf der MIPS-Methodik, weitere Angaben siehe Abschnitt 3.2.2, Seite 42

Abb. 5 verdeutlicht den ökologischen Rucksack eines Mobiltelefons (ohne Netzinfrastruktur)³. Dieser wird errechnet, indem das Eigengewicht des Mobiltelefons von dem gesamten Ressourcenverbrauch – Berechnungen basierend auf der MIPS-Methodik – abgezogen wird. In der Abbildung 5 wird dem ökologischen Rucksack das Eigengewicht des Mobiltelefons von 80g gegenübergestellt. Damit ist der ökologische Rucksack mit ca. 44,42 kg mehr als 500 mal schwerer (ausführlicher siehe Kap. 3.2.2)

Die Prognosen der weltweiten Benutzerzahl gehen für Ende 2009 von 4,4 Mrd. Mobilfunkkunden aus, bis 2010 sollen sie auf 4,8 und 2011 auf 5,2 Mrd. steigen (BITKOM-Mitteilung 5.8.2009). Auch in Deutschland wird der Gerätebestand weiter ansteigen. Während 2007 97,4 Mio. Mobiltelefone in Deutschland genutzt wurden, werden es 2020 schon 142,3 Mio. sein (BMWi 2009).

Auch im Mobilfunkbereich werden ggf. durch effizientere Produktion und Technik erzielte Reduktionen des Ressourcenverbrauchs durch ein mengenbedingtes Ansteigen der Materialströme und eine starke Zunahme des Elektronikschrottaufkommens kompensiert (Behrendt 2008). Allein die zwischen 2000 und 2009 weltweit abgesetzten 7,8 Mrd. Mobiltelefone ergeben, legt man ein Durchschnittsgewicht von 100 g zugrunde, eine Schrottmenge von 780 Tsd. Tonnen. Auch haben neue technologische Entwicklungen einen bedeutenden Einfluss: Jede neue Mobilfunkgeneration sendet mit einer höheren Frequenz, woraus sich eine geringere Reichweite ergibt. Dadurch erhöht sich die erforderliche Antennendichte in Mobilfunknetzen und damit auch der Energie- und Ressourcenverbrauch sowie die Investitionskosten für die Netzinfrastruktur (Hellige 2009).

3.2.1 Ressourcenintensität innerhalb einer Lebenszyklusphase

Rohstoffgewinnung

Im Wesentlichen analog zu PCs, ist auch bei Mobiltelefonen die Gewinnung von Edelmetallen und anderen seltenen oder Sondermetallen als besonders ressourcenintensiv bezüglich abiotischer Materialien, Energie und Wasser zu nennen (UBA 2009). Anteilig enthalten Mobiltelefone weniger Stahl und mehr Kunststoff, welches weniger energieaufwändig in der Herstellung ist (Nokia 2001, Reller et al. 2009).

Mobiltelefone bestehen durchschnittlich zu ca. 50 % aus Kunststoffen, ca. 28 % steuern verschiedene Metalle bei (davon 15 % Kupfer, weitere Metalle sind Kobalt oder Lithium, Eisenmetalle, Nickel, Zinn, Zink, Silber, Chrom, Tantal, Cadmium, Blei), ca. 15 % sind Glas und Keramik. Dazu kommen noch ca. 4% Carbon und ca. 3 % andere Stoffe, darunter sind mit weniger als 0,1% Antinom, Gold, Beryllium (UNEP-GRID Arendal 2006, Reller et al. 2009). Insgesamt kommen etwa 200 verschiedene Stoffe in einem Mobiltelefon vor (Simon 2010).

³ Die Berechnungen basierend u.a. auf Federico et al. (2001), die eine MIPS-Analyse für den Gerätetyp T28 Ericsson durchgeführt haben.

In Mobiltelefonen werden einige seltene Metalle wie Antimon, Ruthenium, Silber, Kobalt, Wismut, Selenium, Tantal und Indium verwendet. Bei Tantal und Indium treten bereits Engpässe in der Versorgung auf (BMU-UBA 2008). Darüber hinaus bestehen für einige seltene Metalle Nutzungskonkurrenzen mit „Umwelttechnologien“, z.B. für Indium durch die Photovoltaik, für Palladium und Lithium durch die Autoindustrie (Katalysatoren, Hybrid- und Elektroautoakkumulatoren) (Reller et al. 2009).

Die Förderung von Edelmetallen (Gold, Silber, Platinmetallgruppe) ist mit besonders hohen Umweltauswirkungen verbunden, da sie nur in geringer Konzentration in Erzen enthalten sind und häufig aus großer Tiefe gefördert werden müssen. Dies bedingt einen enormen Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß. Zwar sind diese Metalle nur in sehr kleinen Mengen in Mobiltelefonen enthalten, bei einer globalen Verkaufszahl von 1,2 Milliarden Handys 2007 ist die Umweltbelastung aber dennoch erheblich (Hagelüken 2009a).

Tab. 9: Jahresproduktion und CO₂-Ausstoß für einige in Mobiltelefonen vorkommende Metalle

Metalle	Weltjahresproduktion 2007 (gerundet) in t	in Mobiltelefonen 2007 in t	t CO ₂ /t	t CO ₂ für Mobiltelefone 2007
Gold	2.500	29	17.000	493.000
Palladium	230	11	9.000	99.000
Silber	20.000	300	150	45.000
Kupfer	16.000.000	11.000	3,5	38.500

Quelle: nach Hagelüken 2009a

Abb. 5 verdeutlicht den Materialverbrauch in der Rohstoffgewinnung für die Produktion der Einzelkomponenten für ein Mobiltelefon. Der ökologische Rucksack dieser Lebenszyklusphase beträgt 28,62 kg.

Tab. 10: Relevanz innerhalb der Rohstoffgewinnung: Mobiltelefon

Lebenszyklusphase: Rohstoffgewinnung			
Kategorie	Aspekte der Ressourcenintensität	Quelle	Relevanz
Abiotische Materialien	Verbrauch von Sonder-, Edel- und Basismetallen, Kunststoffen, Glas und Keramik u.a.; insg. 200 verschiedene Stoffe	Nokia 2001 Reller 2009 Simon 2010	3
Biotische Materialien	Papier für Verpackung und Handbuch	Nokia 2001	1

Energieverbrauch & Luftemissionen (inkl. Treibhausgasemissionen)	Hoher Energieverbrauch und CO ₂ -Ausstoß bei der Gewinnung von Metallen	Hagelücken 2009a	3
Wasserverbrauch (inkl. Emissionen ins Wasser)	Hoher Wasserverbrauch in der Rohstoffförderung	UBA 2009	2
Abfall	Große Mengen Abraum und Abfälle bei der Gewinnung von Platinmetallen, Kupfer, Nickel, Gold	Saurat und Bringezu 2008	2

Quelle: Eigene Darstellung

Verarbeitung

Analog zum Produktbeispiel PC ist auch bei Mobiltelefonen die Produktion von Chips und Leiterplatten besonders ressourcenintensiv, insbesondere bezüglich des Einsatzes von Chemikalien und seltenen Metallen, Wasser und Energie und dem Anfallen von Abfällen und Emissionen. Nach den Angaben von Williams et al. (2002) berechnet, werden für die Produktion von ca. 38,5 g Chips und Leiterplatte eines Handys ca. 26,3 kg Materialien (u.a. fossile Brennstoffe, Chemikalien, Kupfer, Silikon, seltene Metalle) benötigt (Tan, 2005).

Die Produktion von Leiterplatten und Chips ist für 40-50 % der Umweltbelastung in der Produktionsphase verantwortlich, vor allem durch Energieverbrauch, Chemikalieneinsatz und die Gewinnung von Gold und Silber. Der Transport der elektronischen Komponenten (größtenteils von Südostasien nach Nordeuropa) steuert 18-25 % bei (Emmenegger 2006).

Der hohe Chemikalieneinsatz in der Chipproduktion führt zu einem großen Volumen nicht recyclebarer Abfälle (Nokia 2001). Weiterhin ist die Produktion von Chips und Leiterplatten mit hohem Wasserverbrauch sowie Emissionen ins Wasser verbunden (Fraunhofer UMSICHT 2008). Beim Zusammenbau von Mobiltelefonen fällt ein großes Volumen Verpackungsmüll, resultierend aus der Verpackung der angelieferten Komponenten, an (Papier, Holz, Kunststoffe) (Nokia 2001).

Abb. 5 verdeutlicht den ökologischen Rucksack für die Produktionsphase eines Mobiltelefons mit 6,03 kg (Energie und Verpackung).

Die Produktion eines Mobiltelefons verbraucht 111 MJ Primärenergie (Willum 2008). Aufgrund der kurzen Nutzungsdauer eines Mobiltelefons (durchschnittlich 1 Jahr) überwiegt der Energieaufwand der Produktion den Energieverbrauch durch die Nutzung (Röpke et al. 2008, Guggisberg 2007).

Tab. 11: Relevanz innerhalb der Verarbeitung: Mobiltelefon

Lebenszyklusphase: Verarbeitung			
Kategorie	Aspekte der Ressourcenintensität	Quelle	Relevanz
Abiotische Materialien	26,3 kg Materialien (u.a. fossile Brennstoffe, Chemikalien, Kupfer, Silikon, seltene Metalle) für Chips und Leiterplatte	Tan 2005	3
Biotische Materialien	Papier und Holz als Verpackungsmaterial	Nokia 2001	1
Energieverbrauch & Luftemissionen (inkl. Treibhausgasemissionen)	111 MJ Primärenergie für Produktion eines Handys	Willum 2008	3
Wasserverbrauch (inkl. Emissionen ins Wasser)	Hoher Wasserverbrauch und Emissionen ins Wasser bei Produktion elektronischer Komponenten toxische Abwässer bei Herstellung von Chips und Leiterplatten in Asien und Südamerika	Fraunhofer UMSICHT 2008 Greenpeace 2007	3
Abfall	Große Mengen an Abfallstoffen bei der Herstellung von Chips und Leiterplatten Chemikalieneinsatz bei Chipherstellung: großes Volumen nicht recyclebarer Abfälle Zusammenbau: großes Volumen Verpackungsmüll (Kunststoffe, Papier, Holz)	Hwang 2002 Nokia 2001 Nokia 2001	3

Quelle: Eigene Darstellung

Nutzung

Der Ressourcenverbrauch von Mobiltelefonen in der Nutzungsphase beschränkt sich im Wesentlichen auf den Energieverbrauch. Während beim Mobiltelefon selbst aufgrund der kurzen Nutzungsdauer der Energieverbrauch der Nutzungsphase im Vergleich zum Energieverbrauch der Produktionsphase weniger relevant ist, fällt noch ein zusätzlicher Energieverbrauch durch das Mobilfunknetzwerk (bestehend aus Basisstationen, Antennen, Vermittlungsstellen, Leitungssystem) an. Dabei ist insbesondere der Stromverbrauch der Basisstationen hervorzuheben, der zu einem großen Teil durch die nötige Kühlung verursacht wird.

Der ökologische Rucksack der Mobiltelefonnutzung (Aufladen des Akkus mit 250 Ladezyklen und deutschem Strommix) beträgt 9,8 kg über die gesamte Lebensdauer von 2,8 Jahren (siehe auch Kap. 3.2.2).

Weiterhin ist auch der Ressourcenverbrauch zur Errichtung des Netzwerks zu bedenken. So werden auch in Basisstationen Leiterplatten und Chips benötigt, dazu Kupfer für Kabel, Metall für Antennen, primäre Energieträger etc. (Emmenegger 2006). Federico et al. (2001) haben für Italien zusätzlich den Stromverbrauch des Netzinfrastukturbetrachtet und berechneten einen jährlichen Materialverbrauch von 58,35 kg. Dies lässt sich umrechnen in einen Verbrauch von 0,196 kg/Minute Handynutzung (Gespräche und SMS gemittelt) (Berechnungen für Italien) (Federico et al. 2001).

Im Schweizer UMTS-Netzwerk werden pro Gbit von Mobiltelefon zu Mobiltelefon übertragener Daten 3880 kg Wasser (Produktion des Handys, Wasserkraft für Stromerzeugung), ca. 10 kg Kohle (Energie für Produktionsprozesse), 2,9 kg Rohöl (Treibstoff, Kunststoff), 1,3 kg Erdgas (Leiterplattenproduktion), 0,07 kg Kupfer (v.a. für Leitungen) und 1,01E-03 kg Uran (Atomkraft) verbraucht. Der Energieverbrauch pro Gbit übertragener Daten der Basisstationen ist etwa 7 mal größer als der entsprechende Energieverbrauch der Mobiltelefone (Emmenegger 2006).

Alle Mobiltelefone in Deutschland verbrauchten 2007 zusammen 322,1 GWh/Jahr. Das Mobilfunknetz hatte einen Verbrauch von 3.106,6 GWh/Jahr (BMWi 2009). Bei 97,4 Mio. Handys in deutschen Haushalten entspricht das etwa 3,3 kWh/Jahr für jedes Mobiltelefon zuzüglich 31,9 kWh/Jahr pro Mobiltelefon für die Mobilfunkinfrastruktur.

Willum (2008) gibt den Energieverbrauch der Mobilfunkinfrastruktur für Kommunikation von Mobiltelefon zu Mobiltelefon im UMTS-Netzwerk mit 325 kWh/ GB bzw. 2.922 MJ Primärenergie/ GB an. Im GSM-Netzwerk werden 247 kWh/ GB bzw. 2.219 MJ Primärenergie/ GB verbraucht.

Tab. 12: Relevanz innerhalb der Nutzung: Mobiltelefon

Lebenszyklusphase: Nutzung			
Kategorie	Aspekte der Ressourcenintensität	Quelle	Relevanz
Abiotische Materialien	Material für Stromverbrauch von Mobiltelefon und Netzwerk: 0.196 kg/Minute Mobiltelefonnutzung hoher Ressourcenverbrauch zur Errichtung der Mobilfunkinfrastruktur	Federico et al. 2001 Emmenegger 2006	3
Biotische Materialien	k.a.		1
Energieverbrauch & Luftemissionen (inkl. Treibhausgasemissionen)	Hoher Energieverbrauch durch Nutzung und damit verbundene Infrastruktur: in Deutschland 2007 35,2 kWh pro Mobiltelefon für Mobiltelefon und Mobilfunknetz zusammen	Röpke et al. 2008 BMWi 2009	3

Wasserverbrauch (inkl. Emissionen ins Wasser)	Evtl. Wasser zur Stromerzeugung	Emmenegger 2006	1
Abfall	k.a.		1

Quelle: Eigene Darstellung

Entsorgung

65-80 % eines Nokia-Mobiltelefons sind recycelbar. In der Regel findet eine Rückgewinnung der Metalle bei teilweise energetischer Nutzung des Kunststoffes statt. Durch Recycling ergeben sich für den Wasser- und Energieverbrauch positive Bilanzen, da weniger Wasser und Energie verbraucht werden als bei einer Neugewinnung der gleichen Materialmenge. Problematisch ist, dass anscheinend nur ein kleiner Anteil nicht mehr benutzter Mobiltelefone recycelt wird sowie die Verlagerung der Entsorgung in Schwellenländer, da Recycling und Entsorgung hier u.U. mit signifikanten Umweltbelastungen einhergehen.

Allgemein sind die High-Tech Teile schwer zu recyceln (Röpke et al. 2008). Die Vielfalt und eingeschränkte Trennbarkeit der Materialien erschwert das Recycling, ebenso die dissipative Verwendung (in kleinen Mengen über das Produkt verteilt) der Edel- und Sondermetalle (BMU-UBA 2008; Nokia 2001). Insbesondere der Kunststoffanteil ist nur eingeschränkt recyclefähig. Wegen Kontamination durch andere Materialien (Nokia 2001) ist häufig nur ein Downcyclen oder die energetische Nutzung für das Recyceln der Metalle möglich (Hagelücken 2009a).

Nur ein kleiner Anteil nicht mehr gebrauchter Mobiltelefone wird recycled, dabei ist v.a. der Verlust seltener Metalle problematisch (Reller et al. 2009). Laut einer Nokia-Studie aus dem Jahr 2008 recyceln nur 3 % der Nutzer ihre alten Mobiltelefone. 44 % der Mobiltelefone bleiben in Schubladen liegen, 25 % werden an Freunde und Verwandte weitergegeben und 16 % verkauft. 4 % landen im Hausmüll (Nokia 2008).

Rund 70% des weltweiten Elektroschrottaufkommens enden in China (Fraunhofer UMSICHT 2008). Dort gehen Recycling und Entsorgung teils mit gravierender Kontamination von Umwelt und Arbeitsplatz durch Schwermetalle und organische Schadstoffe (z.B. Dioxine) einher (Greenpeace 2005, Hagelücken 2009b).

Bei fachgerechtem Recyceln von Edel- und anderen Metallen besteht ein enormes Energie- und CO₂-Einsparpotenzial (um den Faktor 5) im Vergleich zur Primärproduktion dieser Materialien. Dies lässt sich leicht nachvollziehen, wenn man sich vor Augen führt, dass z.B. Gold in Mobiltelefonen und Leiterplatten mit einer Konzentration von 200-350 g/ t, im Gestein dagegen typischerweise nur mit 5 g/ t vorkommt (Hagelücken 2009a). Die Einsparung kommt dadurch zustande, dass rezykliertes Material primär produzierte Metalle ersetzt und somit die Menge der Primärproduktion verringert.

Tab. 13: Relevanz innerhalb der Entsorgung: Mobiltelefon

Lebenszyklusphase: Entsorgung			
Kategorie	Aspekte der Ressourcenintensität	Quelle	Relevanz
Abiotische Materialien	65-80 % eines Mobiltelefons sind derzeit recyclebar Rückgewinnung von Metallen, Downcycling oder energetische Nutzung von Kunststoffen Materialverlust durch niedrige Recyclingquoten sowie Export in Entwicklungs- und Schwellenländer	Nokia 2001 Hagelüken 2009a Nokia 2008 Reller et al. 2009	3
Biotische Materialien	k.a.	-	1
Energieverbrauch & Luftemissionen (inkl. Treibhausgasemissionen)	Positive Energiebilanz für Recycling CO ₂ -Einsparpotenzial	Röpke et al. 2008; Hagelüken 2009a	1
Wasserverbrauch (inkl. Emissionen ins Wasser)	Analog PC: Einspareffekt durch Recycling	IVF 2007; Fraunhofer UMSICHT 2008	1
Abfall	k.a.	-	1

Quelle: Eigene Darstellung

3.2.2 Lebenszyklusweite Betrachtung

Bei der Betrachtung des Lebenszyklus von Handys stellt sich im Hinblick auf den Ressourcenverbrauch die Rohstoff- und die Verarbeitungsphase als besonders relevant dar. Wie beim Produktbeispiel PC dominiert die Herstellung von Chips und Leiterplatten den Ressourcen- und Energieverbrauch. Mobiltelefone besitzen im Vergleich zu PCs einen höheren Kunststoffanteil, welcher weniger energieintensiv in der Herstellung ist als Metalle.

Die Betrachtung des Ressourcenverbrauchs für die Herstellung und Nutzung eines Mobiltelefons basiert auf einer Materialintensitätsanalyse auf Basis der MIPS⁴-Methodik. Die Daten zur Materialzusammensetzung von Mobiltelefonen sind im Allge-

⁴ Die Abkürzung MIPS steht für Materialinput pro Serviceeinheit. MIPS ist ein Maß für den Naturverbrauch eines Produktes oder einer Dienstleistung entlang des gesamten Lebensweges von der Wiege bis zur Wiege (Gewinnung, Produktion, Nutzung, Entsorgung/Recycling). MI steht für den Input natürlicher Ressourcen, die für die Erfüllung eines Bedürfnisses („Dienstleistungseinheit“) S erforderlich sind. MIPS ist das bisher einzige Maß, das angibt, wie viel Nutzen aus einer bestimmten Menge Ressourcen gezogen wird. (Schmidt-Bleek 1998, Ritthof et al. 2002).

meinen nur sehr vereinzelt und auf grober Ebene verfügbar, d.h. die jeweiligen Hersteller veröffentlichen im Allgemeinen keine detaillierten Daten zur Materialzusammensetzung (Menge, Art und Herkunft der eingesetzten Materialien) oder Materialintensität der Telefone. Die hier genutzten Daten basieren auf Federico et al. 2001. Diese Daten wurden im Rahmen des MaRes AP1 (siehe Rohn et al. 2010) auf Validität geprüft und mit Daten und Experteninterviews mit Recyclingfirmen verglichen (Huisman 2004; vgl. Simon / Bernotat / Lettenmeier 2010). Die Analyse bestätigte die auf Basis von Federico et al. (2001) berechneten Rucksäcke für ein Modellhandy mit angenommenen 80g Eigengewicht weitgehend, sodass diese nach wie vor als beste verfügbare Datenbasis gelten können.

Die MIPS-Analyse (siehe Abbildung 5 auf Seite 35) wurde vom Wuppertal Institut durchgeführt und kommt zu dem Ergebnis, dass der ökologische Gesamtrucksack eines Mobiltelefons für eine durchschnittliche Lebensdauer von ca. 2,8 Jahren ca. 44,42 kg beträgt. Davon entfällt der größte Anteil (28,62 kg) auf die Rohstoffgewinnungsphase. Die Nutzungsphase steuert 9,8 kg bei und die Verarbeitung ca. 6 kg. Die Entsorgungsphase fällt mit weniger als 100 g kaum ins Gewicht. Transport und Logistik sind in den jeweiligen Phasen enthalten (siehe Abb. 5).

Der Analyse liegen folgende grundlegende Annahmen zugrunde (basierend auf Federico et al. 2001, Wuppertal Institut 2003, Moisio et al. 2008, Salo 2004):

- Rohstoffgewinnung: Die Materialzusammensetzung umfasst Metalle und Kunststoffe, die für das Mobiltelefon und das Ladegerät aufgewendet werden. Papier wird für die Herstellung des Handbuchs genutzt. Hierbei beträgt das Eigengewicht des Mobiltelefons ca. 80g.
- Produktion: Die Herstellung (Zusammenbau) findet in Schweden statt. Hier wurde der OECD-Strommix zugrunde gelegt. Die Verpackung des Gerätes ist in dieser Phase enthalten.
- Transport und Logistik: Elektronische Komponenten kommen aus Asien und den USA, Akku und Ladegerät aus Marokko und Finnland, der Kunststoffkörper, Handbuch und Verpackung aus Nordeuropa. Nach dem Zusammenbau in Schweden wird es zum Verkauf nach Deutschland transportiert
- Für die Materialintensität des Energieverbrauchs während der Nutzung wurde der deutsche Strommix zugrunde gelegt. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Mobiltelefon jährlich ca. 250 Ladezyklen durchläuft (Summe des Energieverbrauchs beträgt damit insgesamt 1 kWh).
- Die Netzinfrastruktur wurde nicht betrachtet.

Der Energieaufwand der Nutzungsphase tritt aufgrund der kurzen Lebensdauer von Mobiltelefonen in der Relevanz deutlich hinter den Energieaufwand der Produktionsphase zurück. Willum (2008) gibt das Verhältnis von Energieverbrauch in der Nutzungsphase zu Energieverbrauch von Produktion, Transport und Entsorgung zusammen mit 0,07 an. Dies zeigt die geringe Bedeutung des Energieverbrauchs während der Nutzung für den gesamten Lebenszyklus eines Mobiltelefons (Willum 2008). In der

Schweiz (Daten für das Schweizer Mobilfunknetz, basierend auf Schweizer Strommix) ist die Produktionsphase bei Mobiltelefonen für etwa 90 % der Umweltbelastung verantwortlich. Die Nutzung des Mobiltelefons macht 5-15 % aus (Unterschiede GSM- und UMTS-Netzwerk) (Emmenegger 2006).

Da mit der Nutzung von Mobiltelefonen aber auch die Nutzung der Mobiltelefonie-Infrastruktur verbunden ist, muss zusätzlich der (erhebliche) Energieverbrauch von Basisstationen berücksichtigt werden, was die Relevanz der Nutzungsphase hinsichtlich des Energieverbrauchs über den gesamten Lebenszyklus steigert. Die Untersuchungen in der Schweiz (Emmenegger 2006) zeigen, dass bei den Mobilfunknetz-Basisstationen die Nutzungsphase 85 % des gesamten Umwelteinflusses ausmacht. Dies liegt in der deutlich längeren Lebensdauer der Basisstationen von ca. 8 Jahren begründet (Daten für das Schweizer Mobilfunknetz, basierend auf Schweizer Strommix) (Emmenegger 2006).

Die Entsorgungsphase ist bei Mobiltelefonen von geringer Relevanz. Ein Unterschied zu PCs ist, dass ein geringerer Anteil dem Recycling zugeführt wird, was einen Materialverlust bedeutet. Des Weiteren kann die „Miniaturisierung“ mit einer erschwerten Trennbarkeit der Materialien einhergehen. Der Materialverlust ist insbesondere im Hinblick auf Edel- und Sondermetalle bedeutsam, da deren Gewinnung mit großem ökologischem und ökonomischem Aufwand verbunden ist. Zudem ist bei einigen Industriemetallen bereits eine deutliche Verknappung der Ressourcen festzustellen. Darüber hinaus wird durch niedrige Recyclingquoten auch auf erhebliche CO₂- und Energieeinsparpotenziale verzichtet. Vor diesem Hintergrund ließe sich die Relevanz der Entsorgungsphase auch höher einstufen.

Tab. 14: Gewichtung der Lebenszyklusphasen eines Mobiltelefons

Lebenszyklus Kategorie	Rohstoff	Verarbeitung	Nutzung	Entsorgung
Ressourcenkategorien außer Energie	3	3	2	1
Energie	3	3	3	1

Quelle: Eigene Darstellung

3.2.3 Hot Spots Mobiltelefon

Aufgrund der vorangegangenen Analyse ergeben sich folgende Hot Spots:

Tab. 15: Hot Spot Identifikation Mobiltelefon

Lebenszyklus Kategorie	Rohstoffge- winnung	Verarbeitung	Nutzung	Entsorgung
Abiotische Materialien	9	9	6	2
Biotische Materialien	3	3	2	1
Energieverbrauch & Luftemissionen	9	9	9	1
Wasserverbrauch	6	9	2	1
Abfall	6	9	2	1

Quelle: Eigene Darstellung

In den Lebenszyklusphasen Rohstoffgewinnung und Verarbeitung bilden sich Hot Spots für die Kategorien abiotische Materialien, Wasser und Energie. Schwächere Hot Spots ergeben sich für die Kategorie Abfall in diesen beiden Phasen. In der Nutzungsphase bezüglich des Energieverbrauchs und der Nutzung ein Hot Spot auf, der durch Berücksichtigung des Verbrauchs der Mobilfunkinfrastruktur begründet ist. In der Entsorgungsphase gibt es keine Hot Spots.

3.3 Zwischenfazit

Beide Hot Spot Analysen zeigen, dass die Phase der Rohstoffgewinnung und Verarbeitung hinsichtlich der Ressourcenintensität am höchsten sind. Die Nutzungsphase nimmt hier aber in der Relevanz gegenüber den anderen Phasen zu, da zur Bereitstellung der Infrastruktur ebenfalls hohe Ressourcenaufwendungen notwendig sind. Während das Mobiltelefon in seiner Funktionalität von der Mobilinfrastruktur zwingend abhängt, können PCs zwar ohne z.B. Internetanwendungen genutzt werden. Diese spielen aber – genauso wie Servernutzungen zur Erhöhung der Rechenleistung oder der Speicherkapazität – sowohl im privaten als auch unternehmerischen Bereich eine zunehmend entscheidende Rolle. Diese Infrastruktur hat das unternehmerische Handeln

(und weitere gesellschaftliche Bereiche) in den letzten Jahren maßgeblich beeinflusst (s.o.) und ist bei der PC-Nutzung demnach unmittelbar verbunden.

Instrumente zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der IuK müssen daher aus dieser Perspektive auf die Rohstoffgewinnung, Verarbeitung und Nutzung von IuK zielen. Da aber die Rohstoffgewinnung überwiegend außerhalb von Deutschland verortet ist, können hier nur indirekte Anreize gesetzt werden.

Im Folgenden Kapitel werden vorhandene unternehmensnahe Instrumente identifiziert und auf ihre Passgenauigkeit zur Reduzierung der identifizierten Hot Spots untersucht.

3.4 Analyse vorhandener unternehmensnaher Instrumente zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der IuK

Im Folgenden werden die bereits bestehenden unternehmensnahen Instrumente zur Steigerung der Ressourceneffizienz im IuK-Sektor vorgestellt: d.h. Instrumente die für Unternehmen und in Wertschöpfungsketten eine Anreizwirkung erzielen, ressourceneffizienter zu wirtschaften. Dazu werden die identifizierten Politikansätze für IuK der beiden Hauptbereiche Instrumentenbereiche des Policy Mix Efficiency Awareness & Performance (siehe REP 4.4) sowie Innovation und Markteinführung (siehe REP 4.5) dargestellt. Für den finanzwirtschaftlichen Bereich (REP 4.3) wurden keine spezifischen Instrumente identifiziert. Es wird auch auf die beiden Instrumententypen aus AP 3 (politisch-staatliche Rahmenbedingungen) und AP12 (konsum- und kundennahe Instrumente) eingegangen und spezifische Instrumente und Methoden für die IuK genannt, um Querverbindungen zu den unternehmensnahen Politikansätzen aufzeigen zu können.

3.4.1 Ressourceneffizienz ist derzeit ein Randthema in der IuK-Branche

Es konnten nur wenige unternehmensnahe Instrumente identifiziert werden, die sich spezifisch auf die Steigerung der Ressourceneffizienz der Informations- und Kommunikationstechnologie beziehen. Tab. 16 gibt einen Überblick über die identifizierten Instrumente und ordnet ihnen die jeweilig direkt adressierte(n) Lebenszyklusphase(n) zu, um nachfolgend ableiten zu können, welche Lücken in der derzeitigen Ausgestaltung der Ressourcenpolitik im Bereich unternehmensnaher Instrumente besteht. Der Bezug zu den staatlich-politischen Rahmenbedingungen und konsumentennahen Instrumenten wird soweit sinnvoll hergestellt.

Es wurden insgesamt sieben Ansätze identifiziert. Die Instrumente fokussieren einerseits auf die Bewusstseinsbildung, Informations- und Beratungsangebote (Green IT Allianz, Beratungsbüros, öffentliche Beschaffung, Messeplattform). Andererseits stehen ressourceneffiziente Innovationsförderung und Markteinführung der Entwicklungen im Fokus. Hier wurde ein BMU-Umweltinnovationsprogramm mit dem Schwerpunkt „IT goes green“ initiiert, das u.a. über Pilotprojekte die Steigerung der Ressourceneffizienz fördert. KMU werden zusätzlich vom BMBF über die Maßnahme "KMU innovativ: Informations- und Kommunikationstechnologie" gefördert.

Tab. 16 verdeutlicht, dass die derzeitigen Ansätze zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der IuK vor allem auf die Phase der Herstellung fokussiert. Die Lebenszyklusphasen der Rohstoffgewinnung, Nutzung und Entsorgung sind in den unternehmensnahen Instrumenten nur teilweise bzw. in sehr geringem Maße angesprochen.

Tab. 16: Überblick zu vorhandenen IuK-spezifischen unternehmensnahen Instrumenten und ihrer direkt adressierten Lebenszyklusphasen*

Ausrichtung der Instrumente auf bestimmte Lebenszyklusphasen	Rohstoff-gewinnung	Verarbeitung	Nutzung	Entsorgung
IuK-spezifische unternehmensnahe Instrumente nach Handlungsbereichen des AP4-Policy Mix				
Efficiency Awareness & Performance				
„Green IT Allianz“	x	x	x	x
Informationsplattform ITK-Beschaffung und Umsetzungsunterstützung in der grünen Beschaffung		x	x	
Messe CeBit Green IT World		x	x	
Green IT Beratungsbüros im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms Förderschwerpunkt "IT goes green" (BMU)		x	x	
Innovation & Markteinführung				
Pilotprojekte im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms Förderschwerpunkt "IT goes green" (BMU)		x		
Breitenförderung im Rahmen des ERP-Umwelt- und Energieeffizienzprogramms (BMWi)		x		
Fördermaßnahme „KMU innovativ: Informations- und Kommunikationstechnologie“ (BMBF)		x		

Quelle: Eigene Darstellung

* Zu den finanzwirtschaftlichen Instrumenten konnten keine IuK-spezifischen Instrumente identifiziert werden. Diese werden daher hier nicht aufgeführt.

Im Folgenden werden die Handlungsbereiche Efficiency Awareness & Performance (siehe REP 4.4) und Innovation & Markteinführung (siehe REP 4.5) genauer dargestellt. Zu den finanzwirtschaftlichen Instrumenten (siehe REP 4.3) konnten keine IuK-spezifischen Instrumente identifiziert werden. Dies liegt daran, dass bei Finanzdienstleistungen bzw. im Rahmen der Kreditvergabe Ressourceneffizienz-Aspekte generell unberücksichtigt bleiben und in der unternehmerischen Berichterstattung finanzielle Leistungsindikatoren dominieren (siehe Görlach / Zvezdov 2010).

3.4.2 Handlungsbereich: Efficiency Awareness & Performance

Unter dem Handlungsbereich Efficiency Awareness & Performance lassen sich für die IuK Informations- und Beratungsansätze identifizieren, die auf Unternehmen, Verbände, Netzwerke (inkl. Unternehmen) und Anwender/-innen von IuK zielen. Dabei wurde die Marke „Green IT“ als zentrales Element der Ansätze identifiziert, d.h. die IuK selbst (Green in IT) als auch deren Anwendung als Umwelttechnologie (Green durch IT). Green IT umfasst hierbei zwar auch Ansätze zur Betrachtung und Steigerung der Materialeffizienz, der Fokus aller Ansätze liegt aber auf den Themen Energie und CO₂-Emissionen. Die vorhandenen Ansätze zielen hauptsächlich auf die Zielgruppen Unternehmen und deren Verbände. Die breite Öffentlichkeit wird über Informationsbroschüren und Beteiligung an Messen auf Energiesparpotenziale, Reduzierung der Klimawirkungen sowie Recyclingmöglichkeiten auf das Thema Umweltwirkungen der IuK aufmerksam gemacht (UBA 2009).

Der **Branchenverband Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (BITKOM) e.V.** ist hierbei ein zentraler Akteur: Als Unternehmensverband - der nach eigenen Angaben mit seinen Mitgliedern 90 % der nationalen IuK Branche abdeckt und zahlreiche Global Player als Mitglied hat (z.B. IBM, Microsoft, SAP, Vodafone, Bertelsmann, Sony, Telekom) - führt er zahlreiche Aktivitäten im Bereich Energie- und Ressourceneffizienz gemeinsam mit Bundesministerien und Behörden (u.a. BMI, BMU, UBA) und Unternehmen durch. BITKOM ist auch ein Gründungsmitglied des Netzwerk Ressourceneffizienz und hat eine aktive Rolle bei den verschiedenen Netzwerkaktivitäten.

Wesentliche Aktivitäten bezogen auf die Ressourceneffizienz der IuK sind:

- Erstellung des Online-Portals www.itk-beschaffung.de zur produktneutralen und umweltfreundlichen Beschaffung (BITKOM, BMI, UBA, IT-Amt der Bundeswehr)
- Gründung der „Green IT Allianz“ im Jahr 2009 und Agenda Setting und internationale Vernetzung im Bereich Green IT
- Umsetzung des Green IT Beratungsbüros im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms (UIP) seit 2009 www.green-it-beratungsbuero.de
- Organisation und Durchführung der „Green IT“ Veranstaltungen auf der CeBit seit 2008 (BMU-UBA Jahreskonferenzen, Green IT Village bzw. World).

Die **Informationsplattform www.itk-beschaffung.de** ist ein Projekt des Beschaffungssamtes des Bundesministeriums des Innern (BMI), des Bundesverbandes Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. (BITKOM), des Bundesamts für Informationsmanagement und Informationstechnik der Bundeswehr (IT-Amt der Bundeswehr) und des Umweltbundesamts (UBA).

Ziel der Initiative ist es, „öffentlichen Auftraggebern in Bund, Ländern und Kommunen eine verlässliche und verständliche Hilfe an die Hand zu geben, ihre Ausschreibungen zur Beschaffung von Informations- und Kommunikationstechnologie

- produktneutral, d.h. ohne Verwendung geschützter Markennamen oder Nennung eines bestimmten Herstellers,
- unter Beachtung aller zwingenden gesetzlichen Produkthanforderungen
- und unter Gesichtspunkten einer nachhaltigen Beschaffung zu formulieren.“ (BITKOM / Beschaffungsamt des BMI 2009)

Bislang wurden für Desktop-PCs und Notebooks Leitfäden erstellt zum Download bereitgestellt. Weitere Produktgruppen sind geplant, dazu zählen Server und Monitore. Es wurden Leitfäden zur produktneutralen Leistungsbeschreibung sowie Leitfäden mit Empfehlungen zur umweltfreundlichen Beschaffung erarbeitet (BITKOM / Beschaffungsamt des BMI 2009). Letztere decken eine Reihe von Kriterien ab. Diese umfassen: Verlängerung der Lebensdauer, Rücknahme und Verwertung, Energieeffizienz, Geräuschemissionen, Materialeigenschaften / Stoffbezogene Anforderungen und Hersteller-Erklärungen, Prüfberichte und Nutzerinformationen. Die relevanten Kriterien für die Steigerung der Ressourceneffizienz beziehen sich die Verlängerung der Lebensdauer, Rücknahme und Verwertung sowie den Ausschluss bestimmter Halogenverbindungen und weiterer gesundheitsgefährdender Stoffe sowie auf die Verpackung (BITKOM et al. 2009).

Die „**Green IT Allianz**“ wurde vom BITKOM und Unternehmen der Branche im Jahr 2009 gegründet und wird in ihrer Arbeit von Wissenschaft und mehreren Ressorts der Bundesregierung als Partner unterstützt. Allerdings ist eine deutliche Dominanz der Hersteller in der Beteiligung gegeben. Koordiniert wird die Arbeit der Allianz vom BITKOM. Die Initiative hat ca. 50 Mitglieder und folgende politische und wirtschaftliche Ziele (BMW i 2009b):

- Agenda Setting für Green IT in Politik und Wirtschaft,
- Ausbau der IuK-Branche als Teil der Umwelttechnologien und damit Verbesserung der Exportchancen deutscher Technologieanbieter
- Zusammenarbeit zwischen Herstellern bzw. Anbietern und Nutzern, Politik und Wissenschaft verstärken.

Die Green IT Allianz behandelt hierbei bestimmte Fragestellungen und versucht, die Ergebnisse in konkrete Projekte umzusetzen. Der Fokus liegt hierbei allerdings weniger auf Umweltaspekten, sondern eher auf wirtschaftspolitischen Ansätzen. Die derzeit fokussierten umweltbezogenen Themen sind auf die Reduzierung von energiebezogenen CO₂-Emissionen und damit implizit Klimaschutzaspekte beschränkt. Derzeit arbeitet die Green IT Allianz in sechs Arbeitsgruppen zu verschiedenen Themenschwerpunkten unter anderem auch zum Schwerpunkt Ressourceneffizienz in der AG5. Ein Lenkungsausschuss aus den Leitern der Arbeitsgruppen tauscht sich über die Ergebnisse der AGs aus und analysiert Wechselwirkungen. Die Arbeitsgruppe „Ressourceneffizienz“ in und durch ITK möchte die Lücke schließen, die derzeit bei der standardisierten Bewertung von IuK hinsichtlich ökologischer und ökonomischer Wirkungen besteht. Es sollen

Technologien, Produkte und Dienstleistungen in einzelnen Anwendungsfeldern - anhand einer Bewertungsmatrix - bewertet werden.

Die Mitglieder der AG5 wollen hierbei ein gemeinsames Verständnis des zu verwendenden Indikators erarbeiten. Sie gehen dabei zunächst vom Indikator „ökologischer Fußabdruck“ aus, um daraufhin mögliche Potenziale der IuK zu ermitteln und Handlungsempfehlungen abzuleiten und diese in die Arbeit der anderen AGs zu integrieren. Wesentlich wäre hier, eine Diskussion über die zugrunde liegenden Annahmen und Vor- und Nachteile des vorgeschlagenen Indikatoren vorzuschalten und dazu weitere Forschungsinstitutionen einzubinden. Gerade vor dem Hintergrund der aufgezeigten Dynamik in der IuK-Entwicklung sind passgenaue Indikatoren- und Bewertungssysteme wesentlich. Die Diskussion dazu abzukürzen steht dem Anspruch einer richtungssicheren Bewertung entgegen.

Die Einschätzung der Arbeit der gesamten Allianz und auch der AG 5 kann derzeit nur auf den Grundlagen des im Juli 2009 erstellten Arbeitsprogrammes der Green IT Allianz gegeben werden (BMW 2009b). Der Fokus im Bereich Ressourceneffizienz liegt hierbei auf der Herstellung von IuK Produkten und weiteren Anwendungsfeldern wie Dienstleistungen. Es sind je zwei Forschungsinstitutionen und Unternehmen beteiligt in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt. Die Transparenz des Dialogs in der AG und in die breitere Fachöffentlichkeit bzw. zum Endkunden sind derzeit noch nicht ausreichend gegeben. Seit der Gründung der Allianz liegen keine weiteren dokumentierten Ergebnisse der AG vor. Inwieweit eine tatsächliche inhaltliche Auseinandersetzung mit dem Thema Ressourceneffizienz stattfinden wird, ist bei der Zusammensetzung des Beteiligtenkreises allerdings offen.

Eine internationale Vernetzung besteht seit Juli 2010. Hier initiierte der BITKOM eine Kooperation der Green IT Allianz mit dem japanischen „Green IT Promotion Council“ (GIPC). Hier sollen Erfolgsbeispiele zur Erhöhung der Energieeffizienz von Volkswirtschaften durch Green IT ausgetauscht werden (BMW 2010).

Der BITKOM hat ebenso das **Green IT Beratungsbüro** umgesetzt, das im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms (UIP) ausgeschrieben wurde. Das Beratungsbüro bietet hauptsächlich Förderinformationen zur Hilfe bei der Umsetzung von UIP-Pilotprojekten und der ERP-Breitenförderung (siehe Handlungsbereich Innovation & Markteinführung). Es berät und begleitet Anwender in Unternehmen, Behörden und Organisationen kostenfrei und herstellernerneutral bei der Entwicklung, Durchführung und Kommunikation von Green IT Projekten. Aufgezeigt werden spezifische Optimierungspotenziale, mögliche Partner und Fördermöglichkeiten zur Umsetzung von Projekten. Auf der Website werden Informationen dazu über moderierte web TV Formate bereitgestellt. Im „Green IT Anbieterverzeichnis“ mit derzeit ca. 80 Unternehmen / Ansprechpartner (Stand: August 2010) aus den Bereichen Branchendienstleistungen, Arbeitsplatzlösungen, Netzwerkinfrastruktur, Rechenzentrumsinfrastruktur, Training & Beratung, Betriebslösungen und Softwarelösungen ist eine Online-Suche möglich.

Tab. 17: Überblick über die Arbeitsgruppen und Themenschwerpunkte der Green IT Allianz (Stand: Juli 2009)

Arbeitsgruppe und Leitung	Ziele
AG1: ICT als Enabler von Energieeffizienz Leitung: Fujitsu Technology Solutions	Darstellung von Potenzial und konkreter Machbarkeit von Projekten in Deutschland; Ableitung von (kurzfristigen) Geschäftsperspektiven und Handlungsempfehlungen.
AG2: Masterplan Green IT Leitung: Borderstep	Entwurf eines Vorschlags zur Erarbeitung eines „Masterplan Green IT für Deutschland“: Beschreibung von Bedarf, Mehrwert, Nutzen und möglichen Inhalten.
AG3: Software und Green IT Leitung: Sun Microsystems	Definition und Erarbeitung der Potenziale der Softwareindustrie und von Softwarekonzepten im Bereich Green IT. Ableitung von Geschäftsmöglichkeiten und Quantifizierung von Einsparmöglichkeiten.
AG4: Green in der IT Leitung: IBM/ BSH	Stoffsammlung mit Best Practices zu Green in der IT in starker Verknüpfung mit der Anwenderseite. Herausstellen von Handlungsbedarf in diesem Umfeld.
AG5: Ressourceneffizienz in und durch ITK Leitung: Infineon	Entwicklung einer Bewertungsmatrix von ITK-Lösungen unter Ressourceneffizienz-Gesichtspunkten: Sammlung von quantifizierbaren Daten und konkreten Beispielen zur Ressourceneffizienz verschiedener Anwendungsfelder (Gebäudetechnik, Automatisierung, Batterietechnik, Energieversorgung...) und deren Bewertung.
AG6: Kommunikation Leitung: Millenium Services	Fundierte Ergebnisse und Aktivitäten der Arbeitsgruppen aufbereiten und kommunizieren.

Quelle: www.bitkom.de, BMWi 2009b

In der Vorschau zu den Ergebnissen der Studie „Umsetzung & Trends von Green IT“ (Deutsche Bank Research / Green IT Beratungsbüros beim BITKOM 2010) die im Sommer 2010 basierend auf einer Online-Umfrage durchgeführt wurde, heißt es: „Wesentliche Hürden für die Umsetzung von Green IT-Projekten machen etliche Unternehmen bei dem Investitionsrisiko (43% sehr hohe oder hohe Zustimmung), der Zustimmung von Stakeholdern oder der bislang noch unzureichenden unternehmensinternen Erfahrung mit Green IT-Projekten (jeweils 33%) aus. Daneben verweisen die Teilnehmer oft auf das Spannungsfeld zwischen dem Drang zur kurzfristigen Gewinnmaximierung und der Platzierung von strategischen, langfristigen Projekten, die nur mittelbar zum Unternehmensgewinn beitragen.“ (Einladungsschreiben zur Vorstellung der Studienergebnisse am 18.11.2010 vom Green IT Beratungsbüro beim BITKOM).

Abb. 6: Exponat des BMU und UBA unter dem Stichwort „Globale Produktverantwortung“ auf der CeBit 2009 in der green IT World zum Ressourcenverbrauch von Notebook und Mobiltelefon



Foto: Bienge 2009

Seit 2008 gibt es auf der **Messe CeBIT** einen Sonderbereich, der sich dem Thema Green IT widmet. Zunächst als green IT village konzipiert, wurde in den letzten beiden Jahren die **green IT World** vom BITKOM gemeinsam mit der Deutschen Messe AG und unter der Schirmherrschaft des Bundesumweltministeriums unter verschiedenen Schwerpunkten (z.B. Rohstoffe) ausgerichtet. Auf der Sonderfläche präsentierten sich die Unternehmen und BMU und UBA stellten themenspezifische Exponate aus (siehe Abb. 6).

3.4.3 Handlungsbereich: Innovation & Markteinführung

Für den Handlungsbereich Innovation und Markteinführung wurde lediglich zwei Förderprogramme identifiziert, die einen Schwerpunkt auf Green IT legt. Die weiteren Förderprogramme, die auch für Unternehmen im Bereich IuK relevant sein könne, aber nicht spezifisch auf diese ausgerichtet sind, werden in Lemken et al. (2010) genauer dargestellt und hier nicht weiter ausgeführt.

Das Umweltinnovationsprogramm des Bundesumweltministeriums (UIP) fördert großtechnische Vorhaben mit Pilotcharakter, die zeigen wie Umweltbelastungen vermieden oder spürbar verringert werden können. In diesem Rahmen besteht die Möglichkeit, Innovationsprojekte der Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) mit Umweltbezug fördern zu lassen. Das UIP selbst legt dabei einen Schwerpunkt auf die Potenziale, die durch IuK erreicht werden können: „Dieses soll helfen, die heute noch weit verbreitete Einstellung des "never touch a running system" bei IuK-Anwendern aufzubrechen und dafür zu sorgen, dass die erheblichen Optimierungspotenziale durch den Einsatz innovativer Infrastrukturen zum Tragen kommen.“

Mit dem **Förderschwerpunkt "IT goes green"** im Rahmen des Umweltinnovationsprogramm hat sich die Bundesregierung zum Ziel gesetzt, „bis zum Jahr 2013 den durch den Betrieb von Informations- und Kommunikationstechnik verursachten Energieverbrauch um 40 Prozent zu senken. Deshalb investiert sie im Rahmen des Konjunkturpakets II 100 Millionen Euro in Maßnahmen des Bundes. Darüber hinaus stellt das Bundesumweltministerium für die Förderung von Pionieren außerhalb der Bundesverwaltung, die in innovative Informations- und Kommunikationstechnik investieren, sofort bis zu 25 Millionen Euro im Rahmen des neuen Förderschwerpunkts "IT goes green" bereit.“

Es werden innovative Projekte bzw. neue Verfahrenskombinationen mit Umweltentlastungspotenzial gefördert, die neben der Energieeffizienz- auch Materialeffizienz-Potenziale aufweisen. Als förderwürdige Technologiefelder im Rahmen von „IT goes green“ wurden vorrangig identifiziert:

- Rechenzentrumsinfrastruktur (Klimatisierung, Stromversorgung, etc.)
- Innovative IT-Lösungen (Hardware, Software und Betriebskonzepte) – z.B. energieeffiziente Server, Datenspeicherung, Konsolidierung, Virtualisierung
- Projekte zum großtechnischen Einsatz von Thin Clients bzw. Server-based-computing
- Sonstige Technologiefelder wie z.B. die Einführung von Home-Office- / Telearbeit-Modellen in Organisationen, der Aufbau von Videokonferenz-Strukturen etc.

Der Förderschwerpunkt umfasst:

- Die Einrichtung eines **Green IT Beratungsbüros** beim BITKOM e. V. (siehe Handlungsbereich)
- **Pilotprojekte:** Die Innovationsförderung im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms (UIP): Antragssteller können z. B. Unternehmen, Organisationen oder Schulen sein. Aufwendungen aus dem Green IT Projekt können mit einem Zinszuschuss zu einem Darlehen in Höhe von bis zu 70 % oder einem Investitionszuschuss in der Regel bis zu einer Höhe von 30 % der förderfähigen Ausgaben/Kosten unterstützt werden. Antragsbewertungen werden von der KfW, UBA, Green IT Beratungsbüro und BMU durchgeführt.

Darüber hinaus gibt es die beim BMWi angesiedelte **Breitenförderung** im Rahmen des ERP – Umwelt- und Energieeffizienzprogramms, die spezifisch auf die Steigerung der Energieeffizienz in KMU fokussiert: IT-Vorhaben, die zur Steigerung der Energieeffizienz beitragen (Austausch einzelner Bauteile, Nutzung etablierter und innovativer Technologien) können im Rahmen des ERP-Umwelt- und Energieeffizienzprogramms finanziert werden, wenn diese mindestens 20 % Energie einsparen. Die Förderung erfolgt durch Vergabe zinsvergünstigster Kredite.

Das vom BMBF geförderte Dachprogramm „**KMU innovativ**“ hat für die IuK ein spezifisches Förderprogramm aufgelegt, das das Innovationspotenzial kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) im Bereich Spitzenforschung stärken soll. Das Programm ist themenoffen gestaltet, fokussiert auf die Bereiche Elektroniksysteme, Elektromobilität und Entwurfsautomatisierung; Softwaresysteme und Wissensverarbeitung; Kommunikationstechnik und Netze (Funk- und Festnetze) und Mikrosystemtechnik (Sensorik, Aktorik, Miniaturisierung). Eine Ausrichtung auf Ressourceneffizienz ist in der Förderrichtlinie nicht gegeben. Umwelt und Energie werden als IuK-Anwendungsfelder gesehen.

Ein weiteres Programm unter dem Dach „KMU innovativ“ betrifft den Bereich Ressourcen- und Energieeffizienz. Das Teilprogramm stellt IuK nicht als Schwerpunkt dar. Wie in Lemken et al. 2010 analysiert, werden die übergreifenden Bereiche Nachhaltigkeit und Klimaschutz in Industrie und Wirtschaft, Einsatz biogener Werkstoffe, energieeffizientere Produktionsmaschinen und anlagen (inkl. Komponenten) und nachhaltiges Wassermanagement gefördert. Teile dieser Förderung können auch IuK-Projekte betreffen. Systematisch werden hier keine IuK-spezifischen Projekte gefördert.

Im folgenden Kapitel werden die aus den identifizierten unternehmensnahen Politikansätzen bestehenden Hemmnisse für die Steigerung der Ressourceneffizienz von IuK-Produkten abgeleitet.

3.5 Zentrale Hemmnisse für die Steigerung der Ressourceneffizienz von IuK-Produkten

Die bestehenden unternehmensnahen Politikansätze verdeutlichen die zentralen Hemmnisse für eine Steigerung der Ressourceneffizienz in der vorliegenden Fallstudie „Wertschöpfungsketten von Produkten der Informations- und Kommunikationstechnologien“. Diese werden den beiden Handlungsbereichen Efficiency Awareness & Performance und Innovation und Markteinführung zugeordnet.

3.5.1 Hemmnisse im Handlungsbereich Efficiency Awareness & Performance

Kap. 3.4 zeigt, dass zunächst ein Bedarf nach Information und Bewusstseinsbildung und einer öffentlichen Debatte besteht. Hier muss entsprechende Vorarbeit geleistet werden, sodass eine ressourceneffiziente Gestaltung von IuK über die Steigerung der Energieeffizienz hinaus geht.

Die folgenden zentralen Hemmnisse wurden identifiziert und den zentralen Hemmnisbereichen des Handlungsbereiches zugeordnet (vgl. Görlach / Schmidt 2010):

(Gesellschaftliche) Bewusstseinsbildung

- **Fehlendes Bewusstsein:** Ressourceneffizienz ist nur ein Randthema neben den etablierten und mittlerweile klassischen Themen Energieeffizienz, Schadstoffreduzierung und Recycling. Dies zeigt sich auch in der unzureichenden Gestaltung von Förderprogrammen.
- **Die dominierende Marke „Green IT“ verkörpert lediglich die Themen Energieeffizienz und Klimaschutz:** Das Thema Green IT ist bei den Unternehmen, in der Forschung und in geringem Maße bei den Verbrauchern platziert und wird kontinuierlich und zentral bearbeitet. Das allgemeine Verständnis des Begriffs „green“ fokussiert hier allerdings fast ausschließlich auf die Themen Energie und Klima. Der Begriff muss konsequent auf Material, Wasser und Luftverbrauch hin weiterentwickelt werden (siehe fehlendes Bewertungssystem; fehlende Daten)
- **Fehlende Anreize für Konsumenten:** Der Fokus von „green IT“ in Forschung und Diffusion liegt auf Unternehmen bzw. kommerziellen Anwendern von IuK. Der Verbraucher hat bislang kein Bewusstsein bzw. Interesse an ressourceneffizienten IuK-Geräten oder Nutzungskonzepten.
- **Die Sichtbarkeit von Effizienzsteigerung in Unternehmen fehlt:** Kosteneinsparungen durch z.B. Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen sind nicht sichtbar. Die Entscheidungsträger für das IT-Management spüren von den Einsparungen meist nichts, da der Energieverbrauch von Unternehmen unter „Facility Management“ läuft (BITKOM 2010).
- **unzureichende Legitimation der Green IT Allianz:** Die Öffentlichkeit wird nicht in den Dialog einbezogen. Der Dialog zwischen Stakeholdern wird noch nicht ausreichend durchgeführt bzw. kommuniziert. Dies betrifft auch den grundlegenden Bereich der fehlenden Bewertungssysteme und Indikatoren sowie der fehlenden Datenbasis.

(Gesellschaftliche) Rahmengestaltung

- **Fehlende Datenbasis und fehlendes Wissen:** komplexe internationale Wertschöpfungskette: Ressourcenverbrauch in der Rohstoffgewinnung / Produktion für Unternehmen und Nutzer nicht mehr nachvollziehbar. Viele Unternehmen wissen gar nicht, welche Materialien in ihren (Vor-)Produkten enthalten sind und welche indirekten Stoffströme damit verbunden sind. Es fehlen Daten in allen Lebenszyklusphasen der Rohstoffgewinnung, Produktion, Nutzung und End of Life der IuK-Produkte.
- **Unzureichende Informationen für die (öffentliche) Beschaffung:** Das Thema Umwelt und IuK ist auf der Informationsplattform www.itk-beschaffung.de platziert

und zentral verankert. Das Thema Ressourceneffizienz ist noch nicht ausreichend in den Leitfäden verankert.

Begleitende Kommunikationsstrategie

- **Fehlende öffentliche Debatte:** Endkonsumenten sind bislang nur an wenigen Stellen angesprochen. Die sozialen Auswirkungen von Recycling und Energieverbrauch werden vereinzelt thematisiert. Es gibt derzeit keine öffentliche Debatte über den Ressourcenverbrauch von IuK. Daher besteht wenig Nachfrage bei Konsumenten nach ressourceneffizienten IuK Produkten.
- **Vernetzungs- und Kommunikationsaktivitäten der Green IT Allianz sind nicht ausreichend:** Das bestehende Potenzial der Initiative wird nicht ausgeschöpft: Die Arbeiten in den Arbeitsgruppen sind nicht ausreichend transparent. Die Ausrichtung auf Green IT im Sinne der oben angesprochenen Marke ist inhaltlich nicht ausreichend auf Ressourceneffizienz ausgerichtet.

3.5.2 Hemmnisse im Handlungsbereich Innovation & Markteinführung

Die folgenden zentralen Hemmnisse wurden identifiziert und den zentralen Hemmnisbereichen des Handlungsbereiches Innovation & Markteinführung zugeordnet (vgl. Lemken et al. 2010):

Unternehmensinterne Hemmnisse

- **Unzureichendes Bewusstsein, dass Ressourceneffizienz ein wettbewerbsrelevanter Faktor ist:** fehlende Datenbasis zum Ressourcenverbrauch von IuK-Produkten und die fehlende unternehmerische Ausrichtung auf ressourceneffiziente Produkte bzw. vorhandene Produkte (wie z.B. server based clients) werden nicht eingesetzt.
- **Hohes Investitionsrisiko für die Umsetzung von Green IT Projekten:** In der Vorchau zu den Ergebnissen der Studie „Umsetzung & Trends von Green IT“ (Deutsche Bank Research / Green IT Beratungsbüros beim BITKOM 2010) die im Sommer 2010 basierend auf einer Online-Umfrage durchgeführt wurde, heißt es: „Wesentliche Hürden für die Umsetzung von Green IT-Projekten machen etliche Unternehmen bei dem Investitionsrisiko (43% sehr hohe oder hohe Zustimmung)
- **unzureichende Erfahrung bei der Umsetzung von Green IT Projekten:** Dieselbe Studie (Deutsche Bank Research / Green IT Beratungsbüros beim BITKOM 2010) stellte fest, dass eine wesentliche Hürde die bislang noch unzureichende unternehmensinterne Erfahrung mit Green IT-Projekten (33% der Befragten) ausmacht.
- **fehlende Zustimmung von Stakeholdern:** Bei der Umsetzung von Green IT Projekten sagten 33% der Befragten, dass die Zustimmung der Stakeholder zu entsprechenden Projekten fehlt (Deutsche Bank Research / Green IT Beratungsbüros beim BITKOM 2010)

Unternehmensexterne Hemmnisse

- **Förderprogramme sind nicht adäquat auf Ressourceneffizienz in der IuK ausgerichtet:** Das UIP im Allgemeinen fokussiert v.a. auf Abfallvermeidung und Energieeffizienz. Der Förderschwerpunkt "IT goes green" fokussiert auf die Reduzierung von CO₂-Emissionen, Umweltschutzwirkungen, Energieverbrauch und Materialeffizienz. Insgesamt wurden im UIP ca. 540 Pilotprojekte in 30 Jahren gefördert. Die Auswertung für den Zeitraum 1999 bis 2008 ergaben lediglich 7 Nennungen für den Umweltbereich Rohstoff- und Materialeffizienz (n=107, Mehrfachantworten). Der Fokus der erfassten Projekte lag auf den Themen Treibhausgase, Luftschadstoffe, Abfälle, Abwasser und Lärm (BMU 2009)
- **Starke Innovationsförderung vs. geringe Green IT Förderung:** Das Verhältnis von Innovationsförderung und Green IT-Förderung beträgt 1,5 Mrd. zu 25 Millionen Euro im Förderschwerpunkt "IT goes green". Mit der starken Förderung der IuK als Innovationsfeld werden damit die Bemühungen im Bereich green IT gleichzeitig konkurrenziert (Mengeneffekt).
- **nicht optimale Beratungsangebote:** Beratungen zum Einsatz IT in Unternehmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz beschränken sich derzeit hauptsächlich auf Energie in der Nutzungsphase, auch wenn das Thema Materialeffizienz z. B. auf der Agenda des Green IT Beratungsangebotes steht, werden hier Beratungen nur entsprechend der Förderrichtlinie durchgeführt (siehe Kap. 3.4.2).

Strukturen / Rahmenbedingungen

- **Es fehlen radikale Innovationen:** Die entsprechend notwendigen Ressourceneffizienzsprünge lassen sich dabei weniger durch inkrementelle als durch Radikale- oder Systeminnovationen realisieren (vgl. Brezet 2001). Inkrementelle Innovationen in der Regel nicht das Ergebnis von Forschung und Entwicklung sondern die kontinuierlich stattfindende Entwicklungen von Prozessen und Produkten. Radikale- oder Systeminnovationen stellen grundlegende Neuerungen für die Wirtschaft dar. Sie beruhen auf der Anwendung neuen technologischen Wissens und stellen Technologiesprünge dar (RKW 2009) (ausführlicher Lemken et al. 2010). Im IuK-Sektor fehlt weitgehend das Bewusstsein für die Bedeutung der Ressourceneffizienz und Forschungsprogramme sind nicht ausreichend auf radikale Innovationen ausgerichtet.
- **IuK als volkswirtschaftlicher Hoffnungsträger für Deutschland:** IuK wird von verschiedenen Politikressorts als Chance z.B. für die wirtschaftliche Entwicklung, z.B. für Verringerung der ökologischen Auswirkungen u.a. durch Gebäudemanagement, Logistik, Informationsverbreitung oder z.B. als zukunftsfähiges Arbeitsmittel in Bildungseinrichtungen angesehen und dementsprechend politisch stark gefördert. Damit die Chancen sich auch realisieren, sollte hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs eine kontinuierliche Reflexion stattfinden und Rahmenbedingungen hinterfragt werden. Hier bestehen Anknüpfungspunkte an die im Policy Mix vorgeschlagene Evaluierungsagentur.

3.6 Zusammenfassung der Ergebnisse (Hot Spots, Politikansätze und zentrale Hemmnisse)

Die lebenszyklusweite Betrachtung der zwei IuK-Massenprodukte Desktop PC und Mobiltelefon (siehe Kap. 3.1 und 3.2) hat gezeigt, dass mit der Rohstoffgewinnung und Herstellung von IuK-Geräten ein hoher Ressourcenverbrauch verbunden ist. Insbesondere sind Metalle problematisch (Rohstoffverfügbarkeit, Exporte, Recyclingfähigkeit dissipativer seltener Metalle, Recycling). Diese IT-Geräte enthalten Edelmetalle wie Silber und Gold, die sehr ressourcenintensiv sind. Weitere Metalle, die in IT-Geräten eingesetzt werden sind (Edel-) Metalle wie Palladium, Tantal, Kupfer, Nickel, Chrom und Eisen.

Ziel muss es in Zukunft sein, den Einsatz von ressourcenintensiven Metallen in IT-Geräten noch weiter zu reduzieren und die Kreislauffähigkeit der Metalle sicherzustellen. Diese Erkenntnis lässt sich auf alle IuK Endgeräte übertragen. In Abhängigkeit der Nutzungsintensität / Nutzungsdauer zeigt sich auch die Nutzungsphase in Relation zu den anderen Lebenszyklusphasen als hoch relevant durch den Stromverbrauch.

Es zeigt sich, dass nur Teile der Endgeräte / Infrastruktur untersucht werden können, da die Zusammensetzung der Komponenten in vielen Fällen unbekannt ist. Die Hot Spot Analyse hat allerdings ergeben, dass allein mit den vorhandenen Daten schon ein starker Handlungsbedarf in Bezug auf Steigerung der Ressourceneffizienz deutlich wird. Durch das schnelle Wachstum und die kurze Lebensdauer von Produkten auf dem Informations- und Kommunikationsmarkt steigt der jährliche Ressourcenverbrauch in diesem Bereich stetig.

Es konnten nur wenige unternehmensnahe Instrumente identifiziert werden, die sich spezifisch auf die Steigerung der Ressourceneffizienz der Informations- und Kommunikationstechnologie beziehen. Die zentralen Hemmnisse beziehen sich auf ein generell fehlendes Bewusstsein, ungenügende Rahmengestaltung und eine fehlende zusammenbindende Kommunikationsstrategie für das Thema Steigerung der Ressourceneffizienz in der IuK. In den Unternehmen bestehen vor allem interne Hemmnisse (z.B. Investitionsrisiko, Stakeholderakzeptanz). Als unternehmensexterne Hemmnisse wirken vor allem die nicht auf Ressourceneffizienz ausgerichteten Förder- und Innovationsprogramme.

Im folgenden Kap. 4 wird werden die daraus abgeleiteten Maßnahmen für IuK-Produkte näher beschrieben.

4 Detailliertere Beschreibung der Maßnahmen für IuK-Produkte

Es zeigt sich, dass sich der entwickelte Policy Mix im AP4 (REP 4.6 und REP 4.3, 4.4, 4.5) auf das Anwendungsfeld der IuK gut anwenden lässt bzw. es starke Anknüpfungspunkte gibt.

Die im Folgenden dargestellten Maßnahmen werden auf den IuK-Bereich basierend auf den Feinanalysepapieren übertragen und spezifisch ergänzt bzw. konkretisiert. Es werden nur die Maßnahmen im Überblick vorgestellt, die zusätzliche Elemente zum vorgeschlagenen AP4 Policy Mix enthalten.

4.1 Zielstellung des Policy Mix für IuK

Die im Handlungsbereich PEAP⁵ gesetzten übergreifenden Zielsetzungen des Policy Mixes sind auch die zentralen Zielsetzungen für den Bereich der IuK: (gesellschaftliche) Bewusstseinsbildung, (gesellschaftliche) Rahmengestaltung und eine begleitende Kommunikationsstrategie (siehe REP 4.4).

Die unternehmensnahen Instrumente im Bereich Innovation und Markteinführung knüpfen an diese Zielsetzungen an. Zusammen mit dem Handlungsbereich Finanzwirtschaftliche Instrumente hat dieser das übergreifende Ziel, das Thema Ressourceneffizienz in Innovationsprozessen von Unternehmen (und Finanzdienstleistern) systematisch zu verankern und die vorhandenen Potenziale in Unternehmen konkret zu fördern (siehe REP 4.5).

Die allgemeinen Hemmnisbereiche und identifizierten Lösungsansätze sind in den drei übergreifenden Feinanalysepapieren dargestellt. Die darunter subsumierbaren, für den IuK-Bereich spezifischen Hemmnisse und Lösungsansätze werden in Kap. 3.5 beschrieben.

4.2 Policy-Mix für IuK

(1) Interministerielle Staatssekretärsrunde (vgl. ausführlicher Onischka et al. 2010)

Idee: Moderiert vom Bundeskanzleramt wird eine dauerhafte Runde der Staatssekretäre geschaffen, in der ressortübergreifend Strategien und Politikmaßnahmen bezogen auf den Policy Mix diskutiert und koordiniert werden.

Ausgestaltung für IuK: Der von Onischka et al. (2010) vorgeschlagene Fokus auf die finanzwirtschaftliche Perspektive sollte ebenso für die Querschnittstechnologie IuK gelten. Hier sollte vor dem Hintergrund der gesellschaftlichen, ökologischen und wirtschaftlichen Bedeutung der IuK in Deutschland ein Schwerpunkt in der Diskussion um

⁵ Efficiency Awareness and Performance

die Ausgestaltung zukünftiger Aktionsprogramme zu IuK gesetzt werden. Dies ist ressortübergreifend umzusetzen. Das Gremium sollte kurzfristig geschaffen werden und ist in seiner Besetzung auf die branchenspezifischen Handlungsfelder auszurichten. Anschlussfähigkeit ist hier zur Green IT Allianz gegeben, die die Staatssekretärsrunde aber nicht ersetzen kann, da die Einbindung relevanter Ressorts maßgeblich für die gemeinsame Politikformulierung ist. Zunächst ist eine Evaluation bestehender Aktionsprogramme und Förderprogramme im Hinblick auf Ressourceneffizienz vorzunehmen und in wesentlichen Richtlinien der Forschung und Entwicklung aufzunehmen. Mengeneffekte sind besonders in den Fokus zu nehmen, da hier wie an den beiden Beispielen PC und Mobiltelefon gezeigt werden konnte, wesentliche Wechselwirkungen zu erwarten sind. Ein zukunftsfähiger Einsatz von IuK als grüne Technologie kann nicht ohne die Betrachtung der Ressourceneffizienz erfolgen. Damit gehen volkswirtschaftliche Wirkungen auch außerhalb der IuK-Branche einher. Daher sollte sich der Fokus auf alle Anwendungsfelder von IuK erstrecken.

(2) Konzertierte Aktion Ressourceneffizienz – Intermediäre, Leitprojekte (vgl. ausführlicher Görlach / Schmidt 2010)

Idee: Neben dem politischen Commitment für die Ressourceneffizienzthematik bedarf es einer Bereitschaft bzw. eines Eintretens der Wirtschaft sowie abgestimmter Aktionen von Politik und Wirtschaft. Hierfür wird eine „Konzertierte Aktion Ressourceneffizienz“ vorgeschlagen, die sich dezidiert dieser Thematik auf strategischer Ebene annimmt, Symbolkraft entwickelt und als Sprachrohr von Überzeugungen zwecks Diffusion in die Unternehmens- und Wirtschaftslandschaft fungiert. Ziel ist die Einbindung von Spitzenvertretern aus Wirtschaft und Politik zur Realisierung einer ressourceneffizienten Wirtschaftsweise, wobei die einbezogenen Akteure als Botschafter für die eigene Zielgruppe (z.B. Berater, Verbände, Finanzwirtschaft) zu gewinnen sind. Darüber hinaus soll eine übergreifende Maßnahmen- und Strategieentwicklung mit jeweiliger Fokussierung für die Zielgruppen (strategische Prioritätensetzung) erfolgen. In diesem Zusammenhang wird auch die Forcierung von Leitprojekten – qua strategische und damit symbolträchtige Beratungsprojekte zwischen Akteuren mit hohem Markenwert – empfohlen. (siehe Görlach / Schmidt 2010)

Ausgestaltung für IuK: Zentral ist bei einer konzertierten Aktion, die auch Projekte anschiebt und verbreitet, die einen Einsatz ressourceneffizienter Produkte und Dienstleistungen in der IuK umsetzen und sich durch die Diffusion neuer Nutzungskonzepte auszeichnen. Die möglichen einzubeziehenden Akteure sind in Görlach / Schmidt 2010 dargestellt. Anschlussfähigkeit ist hier zur Green IT Allianz gegeben, die auch Leuchtturmprojekte identifizieren und kommunizieren möchte und in der namhafte global agierende Unternehmen vertreten sind, deren Erfolgsgeschichten erzählt werden könnten (telling stories). Die Etablierung einer konzertierten Aktion sollte dann entsprechend den Empfehlungen für eine zielgerichtete und dialogbasierte Zusammenarbeit noch einmal geprüft werden, auch vor dem Hintergrund einer Fokussierung auf das Thema Ressourceneffizienz in der IuK. Eine Anbindung an die europäischen und internationalen Debatten und Akteure sollte für die IuK insbesondere in das Blickfeld der Arbeit gerückt werden, denn die IuK ist durch ihre globale Wertschöpfungskette ge-

prägt. Eine nationale Perspektive würde daher den Bedarfen der Branche nicht gerecht werden.

Über einen spezifischen Kampagnenbaustein (AP 13) zur Anwendung von LuK bei Informationskampagnen sollte nachgedacht werden, denn hier bestehen besondere Anforderungen aufgrund der innovativen Kommunikationskanäle, die durch LuK möglich sind. Die Anforderungen an eine nachhaltige und ressourceneffiziente Ausgestaltung von Kampagnen sollten hierfür definiert werden.

3) Förderprogramme: Forschungsförderprogramm „Nachhaltige Informations- und Kommunikationstechnologie“ auflegen (vgl. ausführlicher Lemken et al. 2010)

Idee: Zur Bearbeitung spezifischer methodischer Fragestellungen im Bereich der Verknüpfung von Ressourceneffizienz und der Informations- und Kommunikationstechnologie wird ein Forschungsförderprogramm „Nachhaltige LuK“ aufgelegt.

Ausgestaltung für LuK: „Ergebnisoffene“, stakeholderbasierte Forschungsprojekte werden in enger Kooperation mit Partnern aus der LuK-Branche realisiert, mit dem Ziel praxisrelevante Methoden und Lösungen für wichtige Fragestellungen im Bereich Nachhaltige LuK zu erarbeiten. Hierbei können u. a. Methoden und Prozeduren erarbeitet und getestet werden, die für eine langfristige Anpassung der Förderung und Ausgestaltung der LuK erforderlich sind. Der Fokus wird bewusst breiter angelegt als es der Projektfokus auf Ressourceneffizienz nahelegt. Dies lässt sich durch die identifizierten Hemmnisse im Bereich der Produktions- und Konsummuster von LuK begründen, die einen Forschungsrahmen in Richtung einer nachhaltigen Ausgestaltung von LuK notwendig machen, um Mengeneffekte zu vermeiden bzw. zu analysieren sowie um anwendungsfeldspezifisch gezielte Programme aufzulegen.

Im Rahmen der relevanten Forschungsschwerpunkte können innerhalb von 3-4 Jahren praxisrelevante Ergebnisse in folgenden Themen erarbeiten werden:

- Eigenes Verbundprojekt „Zukunftsfähige LuK: Entwicklung und Umsetzung innovativer ressourceneffiziente Produkte, Dienstleistungen und Verfahren“
- Forschungsbaustein „ressourceneffiziente LuK“ in anderen Verbundprojekten: systematische Einbindung von Forschung zu ressourceneffizienter LuK in andere Verbundprojekte
- (Weiter-)Entwicklung von praxisrelevanten Methoden zur Quantifizierung und Bewertung des Ressourcenverbrauchs der LuK in verschiedenen Anwendungsfeldern (inkl. internationale Perspektive als wichtiges Element für die global geprägte LuK-Wertschöpfungskette)
- Entwicklung von innovativen, systemischen Finanzierungs- und Förderansätzen im Bereich der ressourcenleichten Informations- und Kommunikationstechnologien
- Qualifizierungs- und zielgruppenspezifische innovative Diffusionskonzepte (z.B. für Lehrpersonal in Bildungseinrichtungen, Verbraucher, Unternehmen, Beschaffungs-

verantwortliche, Berater/-innen, Intermediäre) und Entwicklung von Anforderungen an eine nachhaltige und ressourceneffiziente Ausgestaltung von Informationskampagnen

Für die Ausgestaltung des Forschungsprogramms werden die Vorschläge des Instruments Programmgestaltung (→ 13) vollumfänglich ausgeschöpft (siehe Lemken et al. 2010).

Bei dem in Görlach / Schmidt (2010) ausführlicher beschriebenen „Bildungsprogramm“ und Programm zur Förderung „Institutioneller Strukturen“ werden Anknüpfungspunkte für IuK gesehen, die sich über den Querschnittscharakter der IuK herleiten lassen. Denn Aus- und Weiterbildung sollte den Baustein ressourceneffiziente IuK für alle Branchen und Fachbereiche sowie Berater/-innen integrieren und letzteren entsprechende Materialien und Tools an die Hand geben, mit denen sie in Unternehmen die Möglichkeiten für eine Ausrichtung ihrer IuK-Konzepte aufzeigen können.

(4) Agentur Ressourceneffizienz (vgl. ausführlicher Görlach / Schmidt 2010)

Idee: Für eine kohärente themenspezifische Kommunikation, die neben dem Informationsmoment die Aspekte der Interaktion(-skoordinierung) und des Infrastrukturaus- und -aufbaus beinhaltet, wird die Etablierung einer nationalen Agentur Ressourceneffizienz vorgeschlagen. Als Ziel hat diese, Innovationen und die Diffusion zur Steigerung der Ressourceneffizienz deutlich voran zu bringen. Aufgabenschwerpunkte sind etwa die Vernetzung von Akteuren und Strukturen (z.B. konzertierte Aktionen auch auf Landes- / Regionalebene, Vernetzungsaktivitäten von Beraterkompetenzen), die Weiterentwicklung des Policy Mixes, die Guide-Funktion („One-Stop-Shop“ für Unternehmen) sowie die Forcierung einer kohärenten Ressourceneffizienzkampagne.

Ausgestaltung für IuK: Die Agentur Ressourceneffizienz wird selbst als Objekt für ressourceneffiziente IuK-Nutzung evaluiert bzw. optimiert. Diese Begleitforschung kann in das Forschungsprogramm (3) eingebettet werden und wird von der Evaluierungsagentur (6) durchgeführt und kann verknüpft werden mit der Ressourceneffizienzbasis (5) (Erweiterung der Datenbasis) und der Konzertierte Aktion Ressourceneffizienz (2) (als Erfolgsbeispiel). Vorhandene Vernetzungsaktivitäten von Intermediären (z.B. Netzwerk Ressourceneffizienz, nationaler Zusammenschluss „Kompetenzpool Ressourceneffizienz“) sind einzubinden. Wichtig für den Beraterpool sind entsprechende Schulungsangebote für Berater/-innen. Eine spezifische Publikationsstrategie sollte entwickelt werden und die Anbindung an die vorgeschlagenen AP4 Policy Maßnahmen gewährleistet werden, z.B. könnte der Ressourceneffizienticker (siehe Görlach / Schmidt 2010) eine entsprechende Rubrik „IuK“ enthalten. Eine englischsprachige Ausgabe sollte umgesetzt werden.

(5) Ressourceneffizienzdatenbasis (vgl. ausführlicher Onischka et al. 2010)

Idee: Die systematische und flächendeckende Messung des Ressourcenverbrauchs und der Einsatz von Ressourcen sind für Unternehmen bzgl. des Kosten- und des Ressourceneinsatzes als Leistungsindikatoren von Bedeutung. Ressourceneffizienzdaten werden in den Beratungen und den Verbandsaktivitäten zur Bewertung zu erfolgreicher Maßnahmen wie zur Evaluierung genutzt. In der Aus- und Weiterbildung wird die Datenbasis in der Lehre und Qualifizierung genutzt.

Ausgestaltung für IuK: Die vorgeschlagene bundesweite Datenstelle sollte sich mit den Aktivitäten der Green IT Allianz (AG5) bzgl. der Indikatoren und Bewertung für IuK abstimmen, damit ein einheitliches System etabliert wird. Hier sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass die Ergebnisse der Green IT Allianz herstellerneutral begutachtet werden sollten, bevor sie implementiert bzw. öffentlich diskutiert werden. Eine Internationalisierung sollte angestrebt werden.

(6) Evaluierungsagentur (vgl. ausführlicher Lemken et al. 2010)

Idee: Die gesamten Maßnahmen werden evaluiert und nachfolgend nachjustiert (vgl. ausführlicher Lemken et al. 2010). Die interministerielle Staatssekretärsrunde (1) wie auch die Agentur Ressourceneffizienz (4) nutzen die Evaluierungen zur weiteren Strategieentwicklung und Optimierung des Policy Mixes.

Ausgestaltung für IuK: keine spezifische Ausgestaltung notwendig. Die vorgeschlagenen Maßnahmen werden im selben Maße evaluiert, wie für den gesamten Policy Mix beschrieben.

(7) Aus- und Weiterbildung (vgl. ausführlicher Görlach / Schmidt 2010)

Idee: Neben der Bereitstellung von Lehr- und Lernmaterialien für die Aus- und Weiterbildung (Internetplattform) werden Qualifizierungs- wie auch Bildungskonzepte für Lehrkräfte und Berater / Beratertandems entwickelt. Darüber hinaus sind Ressourceneffizienzspezifische Exzellenz-Wettbewerbe für Lehrkonzepte in der akademischen Aus- und Weiterbildung anzustoßen. Eine „virtuelle Ressourcenuniversität“, die aktive Lehrstühle in Forschung und Lehre (Bachelor- und Masterstudiengänge) vernetzt wie auch Innovationscampi zur Entwicklung ressourceneffizienter Dienstleistungen ausrichtet, unterstützt die systemische Ressourcenkompetenzentwicklung. Hierzu wird ein entsprechendes „Förderprogramm (3) Bildungsprogramm“ für die Aus- und Weiterbildung (7) entweder in bestehende Förderstrukturen integriert oder neu aufgesetzt.

Ausgestaltung für IuK: Siehe Förderprogramm (Anbindung an „Bildungsprogramm“ und „Institutionelle Strukturen“ siehe Görlach / Schmidt 2010).

(8) Intermediäre Ressourceneffizienzstrukturen (vgl. ausführlicher Görlach / Schmidt 2010)

Idee: Um den Ressourceneffizienzgedanken sowie entsprechendes Verhalten zu verbreiten, sind effektive intermediäre Vermittlungs-, Unterstützungs- und Implementierungsstrukturen notwendig. Fachlich und prozessual kompetente Beraterpools, die vor Ort zu schaffen und national zu bündeln sind, werden begleitet durch „Efficiency Angel“-Netzwerke, die auf die Errichtung von gemeinsamen, regional organisierten Erfahrungsräumen für beratend Aktive abstellen. Beratertandems, d.h. Beraterteams mit fachlich komplementären Kompetenzeinbringungen, können auf Wunsch fachlich-technische Kompetenz in Kombination mit Umsetzungskompetenz anbieten. Auch Verbände werden in diesen Strukturaufbau (verbandliche Leistungsangebote, Effizienzbüros) eingebunden. Vernetzungsaktivitäten auf Länder- bzw. Regional- / Kommunalebene (Efficiency Angel Netzwerke, konzertierte Aktionen regionaler Leitakteure wie auch Bildungsgipfel) werden initiiert.

Ausgestaltung für IuK: Der Aufbau intermediärer Ressourceneffizienzstrukturen wird über das „Förderprogramm (3) Institutionelle Strukturen“ bei entsprechender Ausrichtung auf verschiedene Themenbereiche auch für IuK abgedeckt. Wichtig ist auch hier die internationale Vernetzung der Ressourceneffizienzstrukturen und die Entwicklung und Umsetzung von Beraterschulungen zum Thema ressourcenleichte IuK, die sowohl den Anwendung von ressourcenleichter IuK als auch die Entwicklung und Umsetzung selbst thematisieren sollte (siehe Forschungsprogramm (3)).

(13) Programmgestaltung (vgl. ausführlicher Lemken et al. 2010)

Idee: Die Förderprogramme von EU, Bund und Ländern mit ihrem breiten Spektrum an Zuschüssen, zinsverbilligten Darlehen, Eigenkapitalinstrumenten und Haftungsübernahmen bilden einen unverzichtbaren Eckpfeiler der Finanzierung des innovativen KMU-Sektors. Doch fehlt es den Programmstrukturen häufig an Übersicht, Transparenz, Flexibilität und Struktur. Zudem stellt das Procedere bei Beantragung und Abwicklung von Projekten für viele KMU eine hohe Hürde dar.

Ausgestaltung für IuK: keine spezifische Ausgestaltung notwendig.

(14) Innovationsagenten (vgl. ausführlicher Lemken et al. 2010)

Idee: Um dem Mangel an Wissen und Know-how im Unternehmen abzubauen bedarf es Akteuren, die Innovationsprozesse von der Invention bis zur Markteinführung im Unternehmen professionell und / oder finanziell begleiten (vgl. Görlach et al. 2009). Als Ergebnis von explorativen Recherchen wurden zwei zentrale und zukunftsweisende Typen von Akteuren identifiziert, die hier positiv in die Unternehmen einwirken können: Business Angels (vgl. dazu auch (2) Konzertierte Aktion) und Innovationscoaches.

Ausgestaltung für IuK: Der spezifischen und notwendigen Ausrichtung der Innovationsagenten auf IuK ist die Erstellung richtungssicherer Ergebnisse aus den vorgeschlage-

nen Forschungsprogrammen vorgeschaltet, um diese den Business Angels und Innovationscoaches mit an die Hand geben zu können; ähnlich wie den Berater/-innen. Je nach Ausgestaltung des Forschungsprogramms „Nachhaltige LuK“ (3) ist der zeitlich nachfolgende Einsatz dieser beiden Innovationsagenten umzusetzen und durch Schulungen zu unterstützen.

(15) Innovationslabore (vgl. ausführlicher Lemken et al. 2010)

Idee: Um die Ressourcenkompetenz und damit auch die Innovationsfähigkeit in den Unternehmen zu erhöhen, sind organisatorisch und infrastrukturell flexible Kooperationsmöglichkeiten notwendig. Innovationslabore können die Bedarfe bei innovationsorientierten KMU direkt adressieren. Die Chancen von Innovationslaboren liegen im Idealfall in der Ausbildung von kreativen Milieus, der Fokussierung von Problemlösungsstrategien in der passgenauen Kombination von Kompetenzen sowie der Verteilung von Innovationsrisiken und in der Verbesserung der Ressourcensituation. Kleine und mittlere Unternehmen können so ihre größenbedingten Nachteile überwinden. Zielgruppen sollten neben KMU und akademischen Forschungseinrichtungen auch größere Unternehmen sein. Denn Innovationen in gesamten Wertschöpfungsnetzen (Seliger 2007, Bleischwitz et al. 2009) erlauben erst die Entwicklung von Systemsprüngen. Größere Unternehmen sind darüber hinaus als mögliche Koordinatoren für Innovationslabore zentral, da sie das notwendige Equipment, Know-how sowie finanzielle und personelle Ressourcen bereitstellen können.

Ausgestaltung für LuK: Um auf wirkliche Effizienzsprünge im Bereich der LuK hinzuarbeiten, bedarf es eines spezifischen Innovationslabors „ressourcenleichte LuK“. Es soll den zentralen Anlaufpunkt für innovative ressourcenleichte Entwicklungen und Nutzungskonzepte darstellen und ein think tank für radikale Innovationen auf dem Feld der Informations- und Kommunikationstechnologien sein.

Die **spezifischen finanzwirtschaftlichen Instrumente (9 bis 12)**: Enquete Kommission (9), Finanzaufsicht (10), Handelsrechtliche Offenlegung (11) und Wertpapierbörsen (12) (vgl. ausführlicher Onischka et al. 2010) bedürfen keiner spezifischen Ausgestaltung für LuK. Die adressierten Hemmnisse der Enquete Kommission „Nachhaltige Finanzwirtschaft“ (9) (fehlendes Unternehmensreporting, mangelndes Know-how) werden insbesondere für die LuK über die Konzertierte Aktion (2), die Agentur Ressourceneffizienz (4), die Förderprogramme (Forschungsprogramm „Nachhaltige LuK“ Themen 3 und 4), Aus- und Weiterbildung (7) und Innovationsagenten (14) adressiert. Die durch die Finanzaufsicht (10), Handelsrechtliche Offenlegung (11) und Wertpapierbörsen (12) adressierten Hemmnisse wirken sich für alle Unternehmen inkl. der LuK-Branche aus.

4.3 Überblick zum IuK-Policy Mix

IuK ist ein bedeutender Ansatzpunkt zur Steigerung der Ressourceneffizienz

Insgesamt zeigt sich, dass der im AP4 vorgeschlagene Policy Mix passend auch für die „Wertschöpfungsketten von Produkten der Informations- und Kommunikationstechnologien“ sind, die im vorliegenden Papier analysiert wurde. Tab. 18 verdeutlicht die Anknüpfungspunkte der betrachteten Wertschöpfungskette zum Policy Mix des AP4.

Tab. 18: Überblick über die IuK-spezifischen Maßnahmen und ihre kurz-, mittel- und langfristige Umsetzungsperspektive (in Klammern)

Konkretisierte Vorschläge der Fallstudie IuK	Nr.	Bezeichnung der korrespondierenden Maßnahmen im AP4
<ul style="list-style-type: none"> Schaffung einer interministeriellen Staatssekretärsrunde „Nachhaltige IuK“ (k) 	1	Interministerielle Staatssekretärsrunde
<ul style="list-style-type: none"> Einbindung von Green IT Allianz in die Arbeit der Konzentrierten Aktion Ressourceneffizienz: Leuchtturmprojekte, Erfolgsgeschichten (k) Anbindung an die europäischen / internationalen Debatten und Akteure (k, m, l) Entwicklung eines IuK-Bausteins in der Kampagne (AP13) (m, l) Einbindung der Forschungsergebnisse aus dem Forschungsprogramm „Nachhaltige IuK“ (m, l) 	2	Konzertierte Aktion Ressourceneffizienz
<ul style="list-style-type: none"> Forschungsförderprogramm „Nachhaltige Informations- und Kommunikationstechnologie“ (m, l): <ol style="list-style-type: none"> Verbundprojekt „Zukunftsfähige IuK: Entwicklung und Umsetzung innovativer ressourceneffiziente Produkte, Dienstleistungen und Verfahren“ Forschungsbaukasten „ressourceneffiziente IuK“ in anderen Verbundprojekten: systematische Einbindung von Forschung zu ressourceneffizienter IuK in andere Verbundprojekte (Weiter-)Entwicklung von praxisrelevanten Methoden zur Quantifizierung und Bewertung des Ressourcenverbrauchs der IuK in verschiedenen Anwendungsfeldern (inkl. internationale Perspektive als wichtiges Element für die global geprägte IuK-Wertschöpfungskette) Entwicklung von innovativen, systemischen Finanzierungs- und Förderansätzen im Bereich der ressourcenleichten Informations- und Kommunikationstechnologien Qualifizierungs- und zielgruppenspezifische innovative Diffusionskonzepte und Entwicklung von Anforderungen an eine nachhaltige und ressourceneffiziente Ausgestaltung von Informationskampagnen 	3	Förderprogramme

<ul style="list-style-type: none"> • IuK-Baustein „Ressourcenleichte IuK“ für alle Branchen und Fachbereiche sowie Berater/-innen in Forschungsprogramm „Bildungsprogramm“ integriert entwickeln (m, l) • Entwicklung von IuK-Beratertools im Programm „Institutionelle Strukturen“ mit dem Fokus „Ressourcenleichte IuK“ (m, l) 	3	Förderprogramme (Fortsetzung)
<ul style="list-style-type: none"> • Agentur Ressourceneffizienz als Erfolgsbeispiel für ressourcen-effiziente IuK-Nutzung entwickeln und optimieren (m) • Einbindung vorhandener Vernetzungsaktivitäten von Intermediären (z.B. Netzwerk Ressourceneffizienz, nationaler Zusammenschluss „Kompetenzpool Ressourceneffizienz“) (k) • Spezifische Publikationsstrategie entwickeln und Anbindung an AP4 Policy Mix, z.B. Rubrik „IuK“ in den „Ressourceneffizienticker“ aufnehmen und englischsprachige Publikationen (k) 	4	Agentur Ressourceneffizienz
<ul style="list-style-type: none"> • Abstimmung der bundesweiten Datenstelle mit Aktivitäten der Green IT Allianz zur Entwicklung konsistenter und herstellernerutraler Indikatoren- und Bewertungssysteme (k, m, l) • Internationale Standardisierung anstreben (m, l) 	5	Ressourceneffizienzdatenbasis
<ul style="list-style-type: none"> • Lehre / Ausbildung: Baustein ressourcenleichte IuK für alle Branchen, Fachbereiche und Berater/-innen integrieren (Förderprogramm „Bildungsprogramm“) (m, l) • IuK-Beratertools und -informationen entwickeln und umsetzen (Programm „Institutionelle Strukturen“) (m, l) 	7	Aus- und Weiterbildung
<ul style="list-style-type: none"> • internationale Vernetzung der Ressourceneffizienzstrukturen im Bereich IuK (k, m, l) 	8	Intermediäre Ressourceneffizienzstrukturen
<ul style="list-style-type: none"> • Informationen für Business Angels und Innovationscoaches aus den Forschungsprogrammen kontinuierlich aufbereiten (m, l) • Schulungen für Innovationsagenten entwickeln und umsetzen (m, l) 	14	Innovationsagenten
<ul style="list-style-type: none"> • Innovationslabor „Ressourcenleichte IuK“ schaffen als zentraler Hub für innovative Entwicklungen und Konzepte (m, l) 	15	Innovationslabore

Quelle: eigene Darstellung

Legende:

- (k) = Maßnahme kann kurzfristig umgesetzt werden
- (m) = Maßnahme kann mittelfristig umgesetzt werden
- (l) = Maßnahme kann langfristig umgesetzt werden

Der Bezug zu den Kernstrategien (REP 4.6) wurde in den übergreifenden Papieren (Görlach / Schmidt 2010, Lemken et al. 2010, Onischka et al. 2010) dargestellt.

5 Literatur

- Acosta-Fernandez, J. (2007): Sektorale Potenziale zur Verringerung des Ressourcenverbrauchs der deutschen Wirtschaft und ihre Auswirkungen auf Treibhausgasemissionen, Bruttowertschöpfung und Beschäftigung. Wuppertal
- Altenburg, T. (2007). Donor approaches to supporting pro-poor value chains. Report prepared for the Donor Committee for Enterprise Development. German Development Institute, Bonn.
- Baier, E. D. / Blechinger-Zahnweh, M. (2005): Erhebung der spezifischen Probleme und Wünsche von Seniorinnen und Senioren zu ausgewählten technischen Produkten. Projekt VISP. Teil 1, Kranzberg
- Behrendt, S. (2008): Wie schwer wiegt ein Bit? Ressourceneffizienz in der Informationsgesellschaft. In: Gleich, A. / Gößling-Reisemann, S. (Hg.): Industrial Ecology. Erfolgreiche Wege zu nachhaltigen industriellen Systemen, Wiesbaden, S. 129-138.
- Behrendt, S. / Erdmann, L. (2004): Nachhaltigkeit der Informations- und Kommunikationstechnik. IZT Arbeitsbericht Nr. 2/2004
- BITKOM (Hg.) (2010): Themen. Die Hintergründe, URL: http://www.bitkom.org/de/themen/51051_55530.aspx (Stand: 12.08.2010)
- BITKOM / Beschaffungsamt des Bundesministeriums des Innern (2009): Projekthintergrund von ITK-Beschaffung.de, URL: <http://www.itk-beschaffung.de/projekthintergrund.html> (Stand: 12.08.2010)
- BITKOM / Umweltbundesamt / Beschaffungsamt des Bundesministeriums des Innern (2009): Empfehlungen für die umweltfreundliche Beschaffung von Desktop-PCs. Leitfaden Version 1.1, URL: http://www.itk-beschaffung.de/fileadmin/itk/frei/lf_desktop_umwelt_de_v1-1.pdf (Stand: 12.08.2010)
- Bleischwitz, R. / Jakob, K. / Bahn-Walkowiak, B. / Petruschke, T. / Rennings, K. (2009): Analyse der Ressourcenpolitikoptionen zur Gestaltung der Rahmenbedingungen. Paper AP3.1 des MaRes-Projekts. Wuppertal.
- BMU (2009): Dossier 30 Jahre Umweltinnovationsprogramm, URL: http://www.bmu.de/dossier_uip/doc/45029.php (Stand: 30.08.2010)
- BMU / UBA (Hg.) (2008): Klimaschutz und Ressourceneffizienz - Herausforderungen und Marktchancen für die Informationswirtschaft und Telekommunikation. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- BMWi (Hg.) (2009): Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft. Abschlussbericht, erarbeitet von Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (Fraunhofer IZM) in Kooperation mit Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI). Berlin, Karlsruhe.
- BMWi (Hg.) (2009b): Fortschrittsbericht Aktionsplan Green IT. Vierter Nationaler IT Gipfel in Stuttgart am 8. Dezember 2009, URL: http://bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Technologie-und-Innovation/it-gipfel-2009-fortschrittsbericht-aktionsplan-green-it_property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf
- BMWi (Hg.) (2010): Deutsch-japanische Zusammenarbeit bei Green IT, URL: http://www.ixpos.de/nn_600602/DE/06Meldungen/2010/Q3/BITKOM_100701.html (Stand: 12.08.2010)

- Brezet J.C., Bijma A.S., Ehrenfeld, J., Silvester, S. (2001) The design of ecoefficient services. TU Delft for the Dutch Ministry of Environment, Delft.
- Biermann, B. / Biengen, K. / Geibler, J.v. / Adria, O. / Kuhndt, M. / Liedtke, C. / Schaller, S. (2010): Sustainability Hot Spot Analysis: A streamlined life-cycle assessment towards sustainable product innovation, paper presented at the Sustainable Innovation 2010 Conference "Creating Breakthroughs: Green growth, Eco-innovation, Entrepreneurship and Jobs", 8.-9. November 2010, Rotterdam.
- Choi, B.-C. / Shin, H.-S. / Lee, S.-Y. / Hur, T. (2006): Life Cycle Assessment of a Personal Computer and its Effective Recycling Rate. - International Journal of Life Cycle Assessment 11 (2), S. 122-128.
- De Haan, E. / Schipper, I. (2009): Configuring Labour Rights: Labour Conditions in the production of Computer Parts in the Philippines. Hrsg.: SOMO im Rahmen des „make IT fair“ Projekts. http://makeitfair.org/news_listing/the-facts/reports?set_language=en
- Deutsche Bank Research / Green IT Beratungsbüros beim BITKOM (in Vorbereitung): Umsetzung & Trends von Green IT, in Vorbereitung
- Dreier, T. / Fischer, F. / Wagner, U. (2000): Ganzheitliche energetische Bilanzierung eines Personal Computers. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 50. Jg., Heft 4, 2000.
- Duan, H. / Eugster, M. / Hirschler, R. / Streicher-Porte, M. / Li, J. (2009): Life cycle assessment study of a Chinese desktop personal computer. – Science of the Total Environment 407, S. 1755-1764.
- Emmenegger, M.F. / Frischknecht, R. / Stutz, M. / Guggisberg, M. / Witschi, R. / Otto, T. (2006): Life Cycle Assessment of the Mobile Communication System UMTS: Towards Eco-Efficient Systems. – International Journal of Life Cycle Assessment 11 (4), S. 265 – 276.
- European Commission DG INFSO (Hrsg.) (2008): Impacts of Information and Communication Technologies on Energy Efficiency – Final Report. - Bio Intelligence Service, European Business Council for Sustainable Energy, Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration.
- Federico, A. / Musmeci, F. / Mancini, D.P. (2001): MIPS of the Italian Mobile Telephone Network . - Prepared for presentation at the Open Meeting of the Global Environmental Change Research Community, Rio de Janeiro, October 6-8, 2001.
- Fraunhofer UMSICHT (Hrsg.) (2008): Ökologischer Vergleich der Klimarelevanz von PC und Thin Client Arbeitsplatzgeräten 2008. – Studie des Fraunhofer Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Oberhausen.
- Gartner, Inc. (2007): „Gartner Estimates ICT Industry Accounts for 2 Percent of Global CO₂ Emissions“, Pressemitteilung vom 26.04.2007, <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id0503867>
- Geibler, J. v. (2010): Nachhaltigkeit in globalen Wertschöpfungsketten. Nicht-staatliche Standards als Steuerungsinstrument im internationalen Biomassehandel, Marburg
- Gereffi, G. (1999). International trade and industrial upgrading in the apparel commodity chain. Journal of International Economics, 48, 37-70.
- Gereffi, G. / Humphrey, J. / Kaplinsky, R. / Sturgeon, T. (2001). Introduction: Globalisation, value chains and development. IDS Bulletin, 32, 1-8.
- Gereffi, G. / Korzeniewicz, M. (1994). Commodity chains and global capitalism. Praeger Publishers, Westport.

- Görlach, S. / Lemken, T. / Liedtke, C. / Onischka, M. / Schmidt, M. / Viere, T. (2009): Unternehmensnahe Instrumente. Systematisierung unternehmensnaher Instrumente bzw. von Instrumentenclustern sowie Grobrasterung und Instrumentenauswahl zur Vorbereitung auf die Phase der Feinanalyse. Arbeitspapier zu Arbeitspaket 4 des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes). Wuppertal
- Görlach, S. / Schmidt, M. (2010): Maßnahmenvorschläge zur Ressourcenpolitik im Bereich unternehmensnaher Instrumente. Feinanalysepapier für den Bereich Public Efficiency Awareness & Performance. Arbeitspapier zu Arbeitspaket 4 des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes). Wuppertal.
- Görlach, S. / Zvedov, D. (2010): Stimmen aus der Praxis: Ergebnisse aus der begleitenden Befragung von Intermediären und Unternehmen zum Thema Ressourceneffizienz. Arbeitspapier zu Arbeitspaket 4 des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes). Wuppertal.
- Greenpeace (Hg.) (2005): Recycling Of Electronic Wastes in China and India: Workplace and Environmental Contamination.
- Greenpeace (Hg.) (2007): Cutting Edge Contamination – A Study Of Environmental Pollution During The Manufacture Of Electronic Products.
- Guggisberg, M. (2007): Das Handy mit Eco Design – Wie grün muss es mindestens sein? - Swisscom Mobile, Mai 2007, www.lcainfo.ch/df/DF31/MichaelGuggisbergDF31.pdf
- Hagelüken, C. (2006): Improving metal returns and eco-efficiency in electronics recycling - a holistic approach for interface optimisation between pre-processing and integrated metals smelting and refining. Proceedings of the 2006 IEEE International Symposium on Electronics & the Environment, 8-11 May 2006, San Francisco, 218-223.
- Hagelüken, C. (2009a): „Urban Mining“ ist wichtiger Beitrag zum Klimaschutz. Dow Jones Trade News Emissions, Nr.5, März 2009, S. 14-16.
- Hagelüken, C. (2009b): Edelmetalle auf dem Weg ins Nirwana. Umweltmagazin, Juni 2009, S. 16-17.
- Hellige, D. (2009): Die informationstechnische Wachstumsspirale: Genese, skalenökonomische Mengeneffekte und die Chancen für einen nachhaltigen IT-Konsum. In: Weller, I. (Hrsg.) (2009): Systems of Provision & Industrial Ecology: Neue Perspektiven für die Forschung zu nachhaltigem Konsum. Artec-Paper Nr. 162, Universität Bremen, S. 135-195.
- Hwang, A. (2002): Semiconductors Have Hidden Costs. In: Vital Signs 2002-2003, Earthscan, S. 110.
- IVF Industrial Research and Development Corporation (Hg.) (2007): LOT 3 Personal Computers (desktops and laptops) and Computer Monitors – Final Report (Task 1-8).
- Kristof, K. / Liedtke, C. / Lemken, T. / Baedeker, C. (2007): Erfolgsfaktoren für eine erfolgreiche Ressourcenpolitik: Kostensenkung, Rohstoffsicherheit, Arbeitsplätze und Umweltschutz. Hintergrundpapier für die zweite Innovationskonferenz des Bundesumweltministeriums "Ressourceneffizienz - Strategie für Umwelt und Wirtschaft", Berlin, 31. Oktober 2007, Wuppertal
- Lemken, T. / Meinel, U. / Liedtke, C. / Kristof, K. (2010): Maßnahmenvorschläge zur Ressourcenpolitik im Bereich unternehmensnaher Instrumente. Feinanalysepapier für die Bereiche Innovation und Markteinführung. Arbeitspapier zu Arbeitspaket 4 des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes). Wuppertal.

- Meyer, J.-B. (2008): Der Druck auf die IT wächst. – Computerwoche, 23.10.2008 <http://www.computerwoche.de/1876724> (Zugriff 9.12.2009)
- Moisio et al. (2008), TavarMIPS (Household goods MIPS) in Finnish, available at http://www.kulttatautkimuskeskus.fi/files/5202/2008_06_julkaisu_tavaramips.pdf
- Münchener Kreis, Deutsche Telekom AG, TNS Infratest, EICT (Hg.) (2009): Zukunft und Zukunftsfähigkeit der Informations- und Kommunikationstechnologien und Medien. Internationale Delphi-Studie 2030.
- Nokia (2001): Insight: Environmental Report of Nokia Corporation 2000.
- Nokia (2008): Environmental Report 2008. <http://www.nokia.com/environment/our-responsibility/environmental-report-2008/2008-in-short>. (Zugriff 9.12.2009)
- Nordbrand, S. (2009): Out of Control: E-waste trade flows from the EU to developing countries. Hrsg.: SwedWatch im Rahmen des „make IT fair“ Projekts. http://makeitfair.org/news_listing/the-facts/reports?set_language=en (Zugriff 9.12.2009)
- Nordbrand, S. / Bolme, P. (2007): Powering the Mobile World: Cobalt production for batteries in the DR Congo and Zambia. Hrsg.: SwedWatch im Rahmen des „make IT fair“ Projekts. http://makeitfair.org/news_listing/the-facts/reports?set_language=en (Zugriff 9.12.2009)
- Nordbrand, S. / de Haan, E. (2009): Mobile phone production in China. A follow-up report on two suppliers in Guangdong. Hrsg.: SwedWatch & SOMO im Rahmen des „make IT fair“ Projekts. http://makeitfair.org/news_listing/the-facts/reports?set_language=en (Zugriff 9.12.2009)
- Pöyhönen, P. / Simola, E. (2007): Connecting Components, Dividing Communities. Tin Production for Consumer Electronics in the DR Congo and Indonesia. Hrsg.: FinnWatch im Rahmen des „make IT fair“ Projekts. http://makeitfair.org/news_listing/the-facts/reports?set_language=en (Zugriff 9.12.2009)
- Reller, A. / Bublies, T. / Staudinger, T. / Oswald, I. / Meißner, S. / Allen, M. (2009): The Mobile Phone: Powerful Communicator and Potential Metal Dissipator. – GAIA 18 (2): S.127-135.
- Ritthoff, Michael; Rohn, Holger; Liedtke, Christa (2002): MIPS berechnen. Ressourcenproduktivität von Produkten und Dienstleistungen, online verfügbar: http://www.wupperinst.org/de/publikationen/wuppertal_spezial/uploads/tx_wibeitrag/ws27d.pdf
- Rohn, H., Lang-Coetz, C., Pastewski, N., Lettenmeier, M. (2009): Identifikation von Technologien, Produkten und Strategien mit hohem Ressourceneffizienzpotenzial – Ergebnisse eines kooperativen Auswahlprozesses. Meilensteinbericht aus dem Arbeitspaket 1 des MaRes-Projekts. Ressourceneffizienz-Paper 1.2, Wuppertal
- Rohn, H., Pastewski, N., Lettenmeier, M. (2010): Ressourceneffizienz von Technologien, Produkten und Strategien – Ergebnisse der Potenzialanalysen. Meilensteinbericht aus dem Arbeitspaket 1 des MaRes-Projekts. Ressourceneffizienz-Paper 1.4, Wuppertal
- Røpke, I. / Gram-Hanssen, K. / Jensen, J. O. (2008): Households' ICT use in an energy perspective. In: B. Sapio et al. (Eds.): The Good, the Bad and the Unexpected: The user and the future of information and communication technologies. Proceedings from a conference organized by COST Action 298 "Participation in the Broadband Society", Moscow 23-25 May 2007. Published by COST Office, Brussels, 2008. Volume 1, S. 595-611.

- Salo, V. (2004), Jätepolitiikan vaihtoehtojen luonnonvarojen kulutus pääkaupunkiseudulla. (Natural resource consumption of waste politics options in Finnish capital region). Masters thesis, in Finnish
- Saurat, M. / Bringezu, S. (2008): Platinum Group Metal Flows of Europe, Part 1 Global Supply, Use in Industry, and Shifting of Environmental Impacts. – Journal of Industrial Ecology, Volume 12, Numbers 5/6: S. 754-767.
- Schischke, K. (2004): Sind gebrauchte PCs alt & grau oder grün? Die Umweltbilanz eines Computerlebens. In: Unternehmensnetzwerke als Grundlage für lebensfähige Nachhaltigkeitsstrategien. ReUse Computer Symposium, 31. März 2004, Berlin, S. 90-93.
- Schischke, K. / Kohlmeyer, R. (n.d.) in Meyer, A. (2003): Ökologisches Rechenspiel. In: c't 2003, Heft 21, S.153.
- Schmidt-Bleek, F. (1998): Das MIPS-Konzept. Weniger Naturverbrauch – mehr Lebensqualität durch Faktor 10. München
- Seliger, G. (2007): Nachhaltige industrielle Wertschöpfungsnetze. TU Berlin. http://www.natwiss.de/inc/Seliger_Wertschoepfungsnetze.pdf
- Simon, V. (2010): Ressourceneffizienzkriterien im Design am Beispiel Mobiltelefon. Diplomarbeit, Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Gestaltung, Industriedesign.
- Stamm, A. (2004). Wertschöpfungsketten entwicklungspolitisch gestalten: Anforderungen an Handelspolitik und Wirtschaftsförderung. Konzeptstudie für BMZ und GTZ. Deutsches Institut für Entwicklungspolitik, Bonn.
- Steinweg, T. / de Haan, E. (2007): Capacitating Electronics. The corrosive effects of platinum and palladium mining on labour rights and communities. Hrsg.: SOMO – Centre for Research on Multinational Corporations im Rahmen des „make IT fair“ Projekts. http://makeitfair.org/news_listing/the-facts/reports?set_language=en (Zugriff 9.12.2009)
- Tan, K. C. N. (2005): Life cycle assessment of a mobile phone. Dissertation towards the degree of Bachelor of Engineering, University of Southern Queensland, Faculty of Engineering and Surveying. <http://eprints.usq.edu.au/499/1/KevinChinNingTAN-2005.pdf> (Zugriff 9.12.2009)
- Türk V. / Alakeson, V. / Kuhndt, M / Ritthoff, M. (2003a): Environmental and social impacts of digital music. <http://www.forumforthefuture.org/files/DigitaleuropeMusiccasestudy.pdf> (Zugriff: 03.03.2008)
- Türk, V. / Ritthoff, M. / Geibler, J.v. / Kuhndt, M. (2003b): Internet: virtuell = umweltfreundlich? (Internet: virtual = environmentally sound?). In: Altner, G.; Mettler-von Meiborn, B.; Simonis, U. & Weizsäcker, E. U. von (Hrsg.): Jahrbuch Ökologie 2003. 2002, Beck München, S. 110-123.
- UBA (Hg.) (2007): Seltene Metalle. Maßnahmen und Konzepte zur Lösung des Problems konfliktverschärfender Rohstoffausbeutung am Beispiel Coltan, Umweltbundesamt, Dessau.
- UBA (Hg.) (2009): Computer, Internet und Co – Geld sparen und Klima schützen. – Broschüre, Umweltbundesamt, Bonn.
- UBA (Hg.) (2010): Optimierung der Steuerung und Kontrolle grenzüberschreitender Stoffströme bei Elektroaltgeräten / Elektroschrott. Texte, Nr 11/2010, Dessau-Roßlau.

- UBA / BMU (Hg.) (2006): Herausforderung Ressourceneffizienz - Informations- und Kommunikationstechnik als Innovationschance. Sonderveröffentlichung der Zeitschrift Ökologisches Wirtschaften im Rahmen des nationalen Dialogprozesses zur Förderung nachhaltiger Konsum- und Produktionsmuster, München. URL: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/uba_ressourceneffizienz.pdf (13.05.2010)
- UNEP/GRID-Arendal (Hg.) (2006): Cell phone composition, http://maps.grida.no/go/graphic/cell_phone_composition (Zugriff: 14.08.2009)
- Wallbaum, H. / Kummer, N. (2006): Entwicklung einer Hot-Spot-Analyse zur Identifizierung der Ressourcenintensitäten in Produktketten und ihre exemplarische Anwendung. Wuppertal Institute für Klima, Umwelt und Energie und triple innova, Wuppertal.
- Williams, E.D. / Ayres, R.U. / Heller, M. (2002): The 1,7 Kilogram Microchip: Energy and Material Use in the Production of Semiconductor Devices. In: Environmental Science & Technology, 36 (24), S. 5504-5510.
- Willum, O. (2008): Residential ICT related energy consumption which is not registered at the electric meters in the residences. – Willum Consult
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (2003): MIPS online. List of MI-factors, http://www.wupperinst.org/de/info/entwd/index.html?beitrag_id=437&bid=169